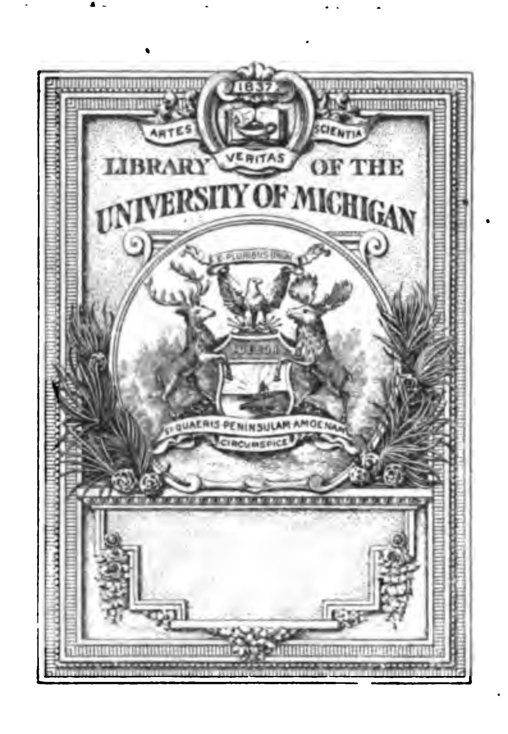

B 1,065,997


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

84177

Organ

für

Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Siebzehnter Jahrgang 1897.

Mit Beiblatt: Vereinsblatt der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik, 1897.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1897.

ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

Organ
für
Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben
unter Mitwirkung der
Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Siebzehnter Jahrgang 1897.

Mit Beiblatt: Vereinsblatt der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik, 1897.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1897.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Ueber J. G. Repsold's Heliotrope. Von Joh. A. Repsold 1

Ueber eine Methode, das Mitschwingen bei relativen Schweremessungen zu bestimmen. Von R. Schumann 7

Vorrichtung zum Ablesen einer rotirenden Theilung. Von E. Brodhun 10

Ueber einen Satz der Thermometrie. Von J. Hartmann 14

Die neuen Phototheodoliten von Prof. Koppe aus der Werkstätte für Präzisionsmechanik von O. Günther in Braunschweig. Von P. Kahle 33

Notiz über ältere Niveauprüfer. Von A. Galle 48

Ueber den Einfluss der chromatischen Korrektion auf die Lichtstärke und Definition der Bilder. Von K. Strehl 50

Notiz zum Polarplanimeter. Von C. Bohn 54

Ueber ein hochempfindliches Quadrantenelektrometer. Von F. Dolezalek 65

Ueber die Farbenabweichung der Fernrohrobjektive und des Auges. Von K. Strehl 77

Der selbstthätige Druckpegel, System Seibt-Fuess. Von W. Seibt 81

Das Helmholtz'sche absolute Elektrodynamometer. Von K. Kahle 97

Ueber eine besondere Form invariabler Pendel. Von J. Wilsing 109

Geschütztes Schleuderthermometer. Von B. Sresnewsky 114

Neue Kontrol-Schienen für gewöhnliche Polarplanimeter. Von E. Hammer 115

Aenderung an Quecksilberkolbenluftpumpen. Von F. Neesen 129

Ueber die Empfindlichkeit der Thermometer in Flüssigkeiten. Von J. Hartmann 131

Transportables Kapillarelektrometer mit neuer Einstellvorrichtung und horizontaler Kapillare. Von H. Westien 137

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1896 bis 31. Januar 1897 . . . . 140. 172

Ueber die Herstellung von Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüllung. Von E. Gumlich 161

Die Lichtstärke der Beugungsbilder in absolutem Maass. Von K. Strehl 165

Untersuchungen und Verbesserungen Fuess'scher Siedeapparate zum Höhenmessen. Von Fr. Grützmacher 193

Zur Geschichte des Heliotrops. Von E. Hammer 201

Eine selbstschreibende Atwood'sche Fallmaschine. Von K. Schreber 204

Beiträge zur photographischen Optik. Von O. Lummer 208. 225. 264

Apparat zur Demonstration des Fizeau'schen Phänomens. Von C. Pulfrich 239

Nivellirlatte mit Nonienvorrichtung. Von J. Lehrke 242

Automatische Quecksilberluftpumpe. Von G. Jaumann 243

Ueber Schott'sche Kompensationsthermometer. Von W. Hoffmann 257

Ein neuer Arretirungsmechanismus für Präzisionswaagen. Von S. De Lannoy 261

Ueber die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive. Von M. von Rohr . . 271

Zur Geschichte der Distanzmessung. Von E. Hammer 278

Ueber einen Eikurvenzeichner. Von G. Rebiček 289

Ueber die Verwendung doppeltbrechender Krystallsubstanz. Von L. Wulff 292

Eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen. Von F. F. Martens 298

Seite
Instrumentalaberrationen und astronomische Beugung des Lichts. Von K. Strehl 301
Ueber neuere spektrophotographische Apparate. Von C. Leiss 321. 357
Tafeln für die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur. Von K. Scheel 331
Der barometrische Rechenstab (hypsometrisches Lineal). Von B. Sresnewsky 335
Ueber die Berechnung zweilinsiger Objektive. Von R. Steinheil 338
Vergleichung zwischen Stab- und Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten. Von E. Gumlich und K. Scheel 353
Das Laryngometer. Von S. Exner 371

Referate.

Ablesevorrichtung für Aufzeichnungen selbstthätiger Pegel 21
Ueber die photographische Bestimmungsweise der Polhöhe 22
Bericht über die am photographischen und am visuellen Zenithteleskop erhaltenen Resultate. Vergleichung der optischen und der photographischen Beobachtungsmethode zur Bestimmung der Breitenvariation 22
Gyroskop-Horizont des Admiral Fleuriais 23
Experimentelle Untersuchung des Assmann'schen Psychrometers 23
Maschine zur Erzielung niedrigster Temperaturen, zur Gasverflüssigung und zur mechanischen Trennung von Gasgemischen 24
Ueber die dauernden Deformationen des Glases und die Verschiebung des Nullpunktes der Thermometer 26
Sicherheitshahn für Ballons mit komprimirten oder verflüssigten Gasen 26
Durchlässigkeit und Photometrie der X-Strahlen 27
Ein neuer Unterbrecher für Induktionsspulen 27
Präzisions-Bodendruckapparat 28
Das Kymographion von Professor Hürthle 29
Erwiderung auf vorstehende Mittheilung 30
Ueber das Stangenplanimeter, insbesondere ein Stangenplanimeter mit Rolle 30
Ein neuer Messlatten-Reduktor 31
Das Sanguet'sche Tachymeter 31
Die Genauigkeit der Pointirung bei Längenmaassvergleichungen. Die persönliche Gleichung bei Längenmaassvergleichungen 31
Auftrage-Apparat 32
Ueber einen Libellenprüfer 54
Ein einfaches und genaues Kathetometer 55
Universal-Schleifapparat für den Handgebrauch zur Herstellung von orientirten Krystallpräparaten 55
Schwimmer 56
Beiträge zur Bestimmung von Molekulargrössen IV; Neuerungen an den Apparaten 57
Methode der photographischen Registrirung zum Studium der Ausdehnung von Flüssigkeiten . 58
Experimentelle Untersuchungen über die absolute Wärmeleitungskonstante der Luft 58
Lupenstativ mit Polarisation 59
Experimentelle Bestimmung der Temperatur in Geissler'schen Röhren 60
Ueber eine Methode zur Bestimmung der Wechselzahl oszillirender Ströme 61
Das Streckenmessen in polygonalen Zügen 62
Beobachtungen über die durch die Temperaturveränderungen hervorgerufenen Fehler geodätischer Instrumente 63
Zur Geschichte der Schiebetachymeter 63
Ueber eine absolute Bestimmung der Ausdehnung des Wassers 87
Apparat zur Untersuchung des Druckes in Flüssigkeiten 89
Aktinometrische Beobachtungen am Montblanc 90
Ueber einen Apparat zum Studium aller Eigenschaften elektrischer Wellen 90
Röntgen'sche Röhre 92
Bericht über eine Abhandlung von Jäderin, seine neue Basismethode betreffend 92
Ueber die Verschiebungen von Alhidade gegen Limbus bei den Repetitionstheodoliten französischer Form 93
Das Beil-Planimeter 93

Seite
Das Mönkemöller'sche Planimeter 93
Technische Untersuchungen über die Rektifikation der Ellipse und die elliptischen und hyperelliptischen Integrale 94
Basismessung im Chamonix für die neue Triangulirung des Montblanc-Massivs 116
Anwendung der Photographie auf die Detailaufnahmen zur Montblanc-Karte in 1:20000 . . . 116
Einige Versuche mit dem Sanguet'schen Tachymeter 117
Röther's Spiegelkippregel mit Bussole 117
Der festaufgestellte Entfernungsmesser von Barr und Stroud 117
Rechenschieber für Meliorations-Rechnungen 118
Vergleichung des Ganges zweier Pendel von nahe u gleicher Schwingungsdauer 118
Vergleichung von Uhren mit nahezu gleichem Gang 119
Gravitationskonstante und mittlere Dichtigkeit der Erde, bestimmt durch Wägungen 119
Ein verbesserter Thermostat ohne Gasbenutzung 121
Methode zur Messung des Dampfdruckes von Flüssigkeiten 122
Die ältesten Quecksilberthermometer 122
Das Radiometer als Messinstrument der Energie im ultrarothen Spektrum und das Verhalten des Quarzes gegen langwellige Strahlung 123
Neues Doppelbildmikrometer zur Messung kleiner Durchmesser 124
Messung von Platten sehr geringer Dicke in absolutem Maass; Herstellung von Normalen zur optischen Messung dünner Luftschichten 124
Ueber ein absolutes Elektrometer zur Messung kleiner Potentialdifferenzen 125
Waagegalvanometer 126
Ueber die thermische Ausdehnung von Nickel-Stahl-Legirungen und ihre metrologischen Eigenschaften 155
Ueber einen Apparat zur kontinuirlichen und gleichmässigen Veränderung der Tonhöhe . . . 156
Zur Theorie der optischen Bilderzeugung mit besonderer Berücksichtigung des Mikroskops . . 156
Trommelrheostat 158
Apparat zur Demonstration periodischer Kurven 158
Libellenquadrant von Butenschön 186
Ueber Monticolo's Cyclesograph 187
Ueber graphisch-numerische Aufnahmen mit Hülfe des Viotti'schen Messtisch-Tachymeter-Apparats 187
Elektrischer Kontakt der Hauptuhr des öffentlichen Zeitdienstes in Paris 187
Ueber ein Thermometer für sehr tiefe Temperaturen und über die Wärmeausdehnung des Petroläthers 189
Ein einfacher Siedeapparat zur Molekulargewichtsbestimmung 190
Absolutes astatisches Galvanometer von hoher Empfindlichkeit 190
Ein neuer Apparat zur Prüfung der magnetischen Eigenschaften von Eisenproben 190
Drehwaage für absolute Messungen 191
Eine neue Art der Unterstützung grosser Spiegel 220
Ueber einen Apparat, der Konvektionsströme anzeigt, und seine Verwendung als Kalorimeter . 220
Apparat zu messenden Versuchen über Rückstoss, Ausflussgeschwindigkeit und Ausflussmengen 222
Neue Cadmiumlampe zum Hervorbringen von Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz . . . 223
Ueber den Einfluss der Magnetisirung auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes 223
Mathematische Theorie des Planimeters von Lippincott 224
Zur Geschichte des Theodolits 224
Die Leibniz'sche Rechenmaschine 247
Ein neues automatisches Tachymeter 248
Die Biegung und die Theilungsfehler der Kreise am Meridian-Instrument zu Albany 248
Neue Nebenapparate für die Schwungmaschine 250
Ueber die Bestimmung des Wasserwerthes von Thermometern bei kalorimetrischen Untersuchungen 251
Ueber mikroskopische Wahrnehmung 252
Mikroskop und Lupe zur Betrachtung grosser Schnitte 252
Eine neue Form von Flüssigkeitsprismen ohne feste Wände 253
Ein elektromagnetischer Rotationsapparat 254
Neuerungen an Mikrotomen 255
Vorschläge für die Aufstellung von Spiegelteleskopen 280
Ueber die Vorzüge der Reflektoren über die Refraktoren von grossen Dimensionen bei astrophysikalischen Untersuchungen 281

Seite

Betrachtungen über Seismographen. Ueber Apparate zum Studium der Schwankungen des Erdbodens . . . 282
Apparat zur Veranschaulichung der Entstehung der Passate . . . 283
Ein neuer registrirender Regenmesser . . . 284
Die neueren Projektionsapparate von R. Fuess. Neue Spektrometer. Ueber Universalgoniometer und Krystallrefraktometer . . . 285
Ueber eine Interferenzial-Induktionswaage . . . 286
Ueber die Veränderungen, die in weichen Metallen durch dauernden Zug hervorgerufen werden 287
Eine neue Form des selbstreduzirenden Tachymeters . . . 287
Die Chamberlin-Sternwarte in Denver . . . 315
Ein Apparat zur Vergleichung von Thermometern . . . 315
Anwendung der Photographie auf die Messung von Brechungsquotienten . . . 316
Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme 316
Bemerkungen zu dem Referat „Das Streckenmessen in polygonalen Zügen" . . . 317
Mit Doppeltheilung versehene Distanzmess-Latte . . . 320
Apparat zur Ausmessung von Sternphotographien . . . 344
Ueber die physikalischen Eigenschaften von Nickel-Stahl-Legirungen . . . 344
Modell der Kreiselpumpe und des Kreiselgebläses . . . 346
Ein Temperaturregulator . . . 346
Das „dunkele Licht" und die Durchlässigkeit des Ebonits für Licht. Erklärung einiger Versuche von G. Le Bon . . . 347
Eine neue Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit . . . 348
Kurzes Peil- und Kartirungsverfahren unter Benutzung eines Messtisches . . . 351
Höhenwinkelmesser . . . 373
Lothvorrichtung für Nivellir- und Tachymeterlatten . . . 374
Ueber die Anwendung der Photographie für technische Zwecke und einige neue photographische und photogrammetrische Apparate . . . 374
Vorarbeiten zu einer Untersuchung über Dampfdichtebestimmung bei extremen Hitzegraden . . 374
Bemerkungen über die Bestimmung der Brennweite eines Objektivs . . . 375
Ueber eine optische Methode zur Verstärkung photographischer Bilder . . . 375
Bestimmung der Kapazität mit der Waage . . . 376
Ueber eine neue optische Methode zum Studium von Wechselströmen . . . 376

Neu erschienene Bücher . . . 32. 64. 94. 127. 159. 192. 256. 288. 320. 351

Notiz . . . 96. 128. 224

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **Januar 1897.** Erstes Heft.

Ueber J. G. Repsold's Heliotrope.

Von

Dr. **Joh. A. Repsold** in Hamburg.

Aus dem Briefwechsel zwischen J. G. Repsold und Gauss ist zu ersehen, dass sie bei Gelegenheit der ersten, im Herbst 1820 ausgeführten Messung der Braacker Basis über Hülfsmittel zur Sichtbarmachung ferner Dreieckspunkte verhandelt haben; denn Gauss erinnert Repsold in einem Schreiben vom 20. Dezember 1820 an seine Zusage, ihm (Gauss) zu dem Zwecke „Reverbere-Lampen" zu senden. Er fährt dann fort:

„Ob Sie doch noch neue Versuche gemacht haben, in wie fern das Lampenlicht bei Tage in grosser Entfernung sichtbar ist, hat mir Schumacher nicht geschrieben. Sollte dies vielleicht doch nicht so gelingen, wie zu wünschen wäre, so habe ich noch eine andere Idee, wovon man, wie ich glaube, wenn auch nur für *einzelne Fälle* einen vortheilhaften Gebrauch machen könnte. Ich glaube nemlich, dass man das reflectirte Sonnenlicht selbst gebrauchen kann, und dass, wenn der Spiegel gut polirt, und plan, auch hinreichend *genau gerichtet* ist, man selbst in einer Entfernung von 10 und mehreren Meilen einen sehr glänzenden Punkt sehen würde, wenngleich der Spiegel nur 1—2 Zoll im Durchmesser hielte. Alles kommt nur darauf an, durch eine Maschine den Spiegel, bei dem beständigen Fortrücken der Sonne, immer leicht und genau in der gehörigen Richtung zu erhalten. Ich habe eine solche Maschine ausgesonnen, wodurch wie ich glaube dies leicht bewerkstelligt wird, wenn sie mit Accuratesse gearbeitet ist, und mit Achtsamkeit gebraucht wird. Ich lege davon eine Zeichnung bei[1]), die das Wesentliche vorstellt und die ich Ihrer Prüfung unterwerfe. Gewiss werden Sie noch manches dabei vortheilhafter einzurichten wissen. Aber für einen sehr grossen Freundschaftsdienst würde ich es ansehen, wenn Sie selbst die Anfertigung eines solchen Apparates auf sich nehmen wollten. Für jetzt wünsche ich freilich nur erst Ein Exemplar, um erst Versuche damit anzustellen; würde es für brauchbar gefunden, so würde ich dann wenigstens 2 oder 3 Exemplare haben müssen. Wenn der Gebrauch auch nur auf die Fälle beschränkt ist, wo sehr grosse Dreiecksseiten vorkommen, so würde dies doch schon viel werth seyn."

Gauss hat also, als er den glücklichen Gedanken fasste, das Sonnenlicht zu benutzen, zunächst an einen gewöhnlichen Heliostaten gedacht. — Von Repsold kam keine Nachricht, bis im Mai 1821 ein durch Göttingen reisender Hamburger den

[1]) Fehlt.

mündlichen Bericht brachte, Gauss werde das eine der bestellten Instrumente in der folgenden Woche erhalten, und Repsold wolle das andere sofort in Arbeit nehmen. Gauss hatte von dem Reisenden nicht erfahren können, welches der Instrumente zuerst fertig werden sollte, vermuthet die Lampe, bemerkt aber am Ende eines Briefes vom 21. Mai 1821:

„P. S. Wenn mit dem zweiten Instrument das transportable Heliostat gemeint ist, so wird mir dasselbe sehr erwünscht sein, und behalte ich mir vor, Ihnen darüber nächstens noch etwas umständlicher zu schreiben."

Am 19. Juni 1821 schreibt Gauss dann, nachdem er die Lampe bekommen:

„Was die Heliostate betrifft, so hat die weitere Ueberlegung mir die Ueberzeugung gegeben, dass wenn ein solcher Apparat zuverlässige Wirkung thun soll, die verschiedenen Drehungsaxen mit *sehr grosser* Accuratesse und Stabilität gearbeitet seyn, und dass dabei die verschiedenen Bedingungen des Parallelismus und der Rechtwinkligkeit in grösserer Genauigkeit ausgeführt seyn müssen, als von dem Künstler allein erwartet werden kann, so dass dazu noch die nöthigen Correctionsschrauben hinzukommen müssen. Dieser Ueberlegung zufolge hat die Construction des Instruments die Einrichtung erhalten, die beiliegende Zeichnung[1]) zeigt (welche ich mir bei Gelegenheit einmal zurückerbitte), und Herr Rumpf hatte, noch ehe ich von Ihnen wusste, dass Sie zur Ausführung erbötig sein wollten, ein solches Instrument angefangen, welches jetzt beinah vollendet ist. Ich zweifle jedoch keineswegs, dass Ihr Nachdenken noch mancherlei Verbesserungen an die Hand geben würde.

Inzwischen bin ich in diesen Tagen noch auf eine *ganz andre* Idee gekommen, die bei weitem einfacher ist, so dass ich es für besser halten möchte, künftig die Heliostate nur nach dieser Idee einzurichten, wo die Construction und Berichtigung viel leichter ist und wo auch nöthigenfalls ein grösserer Spiegel und ein stärkeres Fernrohr angewandt werden kann. Diese Idee ist indessen noch nicht ganz in Rücksicht der mechanischen Einrichtung zur Reife gebracht, allein bei Ihnen bedarf es nur eines Winks, so dass Sie die letztere viel vollkommner werden aussinnen können, als ich im Stande wäre. Die Hauptsache ist diese:

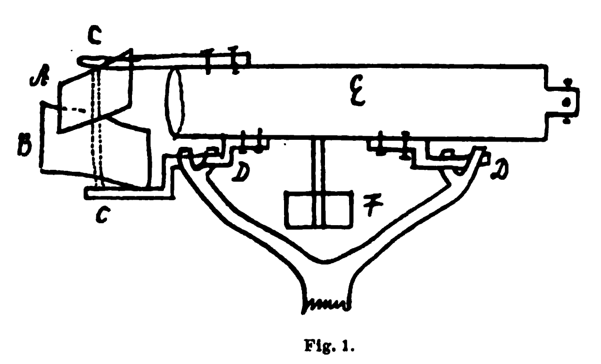


Fig. 1.

Zwei Spiegel A, B sind so mit einer Axe CC verbunden, dass ihre Flächen mit dieser Axe parallel, und unter sich senkrecht sind. Die Pfannen der Axe CC sind mit dem Fernrohr E verbunden, und alles dies zusammen dreht sich um die Axe DD, die mit CC einen rechten Winkel macht und mit der die optische Axe des Fernrohrs parallel ist. Das System der Spiegel A, B kann mit Leichtigkeit aus den Pfannen genommen und sicher und genau wieder eingesetzt werden. Die Fortsetzung der Axe DD geht durch die Mitte des Spiegels B. — F ist ein Gegengewicht. Das Ganze steht auf einem Fuss, wodurch das Fernrohr in jede Richtung, die aber nie sehr stark von der horizontalen abweicht, gebracht werden kann.

[1]) Fehlt.

Der Gebrauch ist folgender: Indem die Spiegel weggenommen sind, wird das Fernrohr genau nach dem Ort gerichtet, wohin man ⊙licht reflectiren will, und in dieser Lage sicher befestigt. Dann werden die Spiegel eingesetzt und (durch Drehung um die Axe *DD*) die Axe *CC* ungefähr in eine Richtung gebracht, die senkrecht zu der Linie nach der ⊙ ist. Man erkennt dies beiläufig schon an dem Schatten der Spiegel, indem die Sonne in der Ebene seyn muss, die durch die untere Kante des Spiegels *A* und durch die obere des Spiegels *B* geht.

Hierauf wird das Spiegelsystem um *CC* so gedreht, dass das von *A* reflectirte ⊙licht in die Gesichtslinie des Fernrohrs kommt. (Ungefähr erhält man dies auch schon leicht, indem man nur so lange dreht, bis das Objectiv von dem reflectirten ⊙licht am besten erleuchtet ist.) Man hilft nun nach durch Verbindung der Drehung um die Axen *CC* und *DD*, bis das Centrum der ⊙ (oder eigentlich nur irgend ein Punkt der ⊙scheibe) *genau* auf der Gesichtslinie ist. Dann ist man sicher, dass der Spiegel *B* das ⊙licht in der gewünschten Richtung reflectirt.

Es würde mir sehr angenehm seyn, wenn Sie dieser Idee weiter nachdenken und auf die bequemste mechanische Anordnung der Theile denken wollten. Mittlerweile hoffe ich, dass ich bald über die Kraft des ⊙lichts bei der ersten Einrichtung, nach Rumpf's Specimen, werde Erfahrungen anstellen können, die bei dieser neuen Einrichtung mit Vortheil benutzt werden mögen. — Sobald das reflectirte ⊙(licht) einmal in der optischen Axe des Fernrohrs ist, werde ich (es) leicht in derselben erhalten, und ich glaube aus freier Hand, wenigstens ohne feine Schrauben."

Repsold hat diese Briefe nicht beantwortet. Er ging nicht leicht an's Schreiben, in diesem Falle vielleicht um so weniger, als er wusste, dass Gauss in Göttingen schon ein Heliotrop machen liess. Und dieses muss schon der Vollendung ziemlich nahe gewesen sein, denn Gauss erwähnt gegen Schumacher am 11. Juli 1821:

> „Mein Heliotrop habe ich erst in diesen Tagen fertig bekommen." (Briefwechsel Nr. 122.)

Auch Repsold muss indess bald nach Empfang des letzten Gauss'schen Briefes mit der Ausführung eines Heliotrops begonnen haben, wenn es nicht etwa, wie Gauss am 21. Mai vermuthete, schon früher geschehen war; denn am 16. November 1821 schreibt Schumacher an Gauss:

> „Bei der Alignirung und Verbindung meiner Basis habe ich kleine Heliotrope mit dem grössten Vortheil benutzt."

Diese (zweite) Messung fand im September und Oktober 1821 statt. Dass es aber keine anderen Heliotrope als solche von Repsold gewesen sind, die Schumacher benutzt hatte, ist, da er nichts Gegentheiliges sagt, schon nach dem zwischen diesen beiden Männern bestehenden Verhältnisse durchaus wahrscheinlich; es findet sich indess weiterhin noch bestätigt.

Ueber die nähere Einrichtung dieser Instrumente scheint kaum etwas Weiteres sicher bekannt zu sein, als die kurze Mittheilung, welche Schuback in *Encke's Jahrbuch für 1825* giebt; es heisst dort:

> „Das von Herrn Gauss erfundene Heliotrop besteht in einem Planspiegel, der in horizontaler und vertikaler Richtung gedreht werden kann und dazu bestimmt ist, die Sonnenstrahlen durch ein kleines Loch eines Diopters einem entfernten Beobachter zuzuwerfen, um auf die Weise bei trigonometrischen

Messungen einem sehr kleinen und doch sehr schön zu sehenden Zielpunkt abzugeben. Herr Hofrath Gauss hat auf eine Entfernung von $11^1/_2$ geogr. Meilen dieses Licht durch ein Fernrohr noch sehr gut sehen können. Herr Prof. Schumacher und Herr Repsold haben sich bei Messung ihrer Standlinie auch dieses Instruments bedient."

Schuback nimmt offenbar das Gauss'sche und das Repsold'sche Heliotrop als gleich an, aber Gauss selbst sagt in Nr. 159 seines Briefwechsels mit Schumacher, Schuback's Nachricht habe mit *seinem* Heliotrop „gar nichts gemein", und auch über das Repsold'sche, das allein vermuthlich Schuback bekannt gewesen ist, giebt sie ungenügende Auskunft. Um so werthvoller sind zwei Mittheilungen über das letztere, die mir kürzlich zugegangen sind, nämlich 1. ein Brief Schumacher's an W. Struve, dessen Kenntniss ich der freundlichen Bereitwilligkeit des Herrn Geheimrath Otto Struve in Karlsruhe verdanke, und 2. Photographien nach drei noch jetzt bei der Königl. Dänischen Gradmessung vorhandenen Heliotropen, welche in Folge sehr dankenswerther Nachfragen des Herrn Professor Thiele in Kopenhagen Herr General von Zachariae die Güte hatte, mir zu übersenden. Beide diese Mittheilungen gebe ich hier wieder:

1. Auszug eines Briefes von Schumacher an W. Struve vom 6. März 1821:
„Gauss hat noch nicht die Zeichnung seines Heliotrops gesandt. Der, den ich gebraucht habe, ist viel einfacher und leistet dieselben Dienste (Fig. 2).

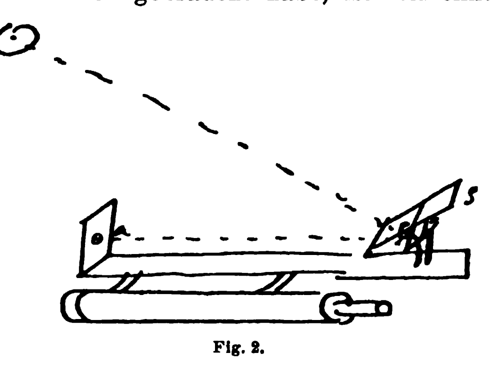


Fig. 2.

Auf einem Lineale ist ein Diopter mit einem Loche von etwa 4 Linien. Bei *S* sitzt ein Spiegel, der in zwei senkrechten Axen beweglich und in jede Lage zu bringen ist. Man richtet das Loch *a* gegen die Station, wo das ⊙licht hin soll, und lässt den Spiegel so stellen, dass der reflectirte Sonnenschein das Loch *a* symmetrisch bedeckt. Das Fernrohr muss so gestellt werden, dass seine Axe mit der Axe des reflectirten Strahlenkegels parallel ist. Man braucht dann nur das Fernrohr auf den Gegenstand zu richten und mit dem Spiegel das Loch vom Strahlenkegel symmetrisch bedeckt (zu) halten, so ist geschehen, was verlangt wird. Steht die Sonne hinten, so nimmt man einen zweiten Spiegel zu Hülfe."

2. Repsold'sches Heliotrop von 1823 (Fig. 3)[1].

[1]) Uebersetzung der dänischen Inschriften:

I. Das aufgestellte Instrument.

A. Der Fuss.
1. Stahlzapfen.
2. Stellschrauben.
3. Klemmschraube.

B. Heliotropstange (Stahl)
4. Messingbüchse zu dem Zapfen des Fusses.
5. Schraubenstütze.
6. Knie.
7. Heliotropspiegel mit horizontaler Stellschraube in Gang ohne Ende und vertikaler Stellschraube.
8. Strahlkegel-Oeffnung.
9. Blenden.
10. Fernrohr-Lager.

II. Die einzelnen Theile.

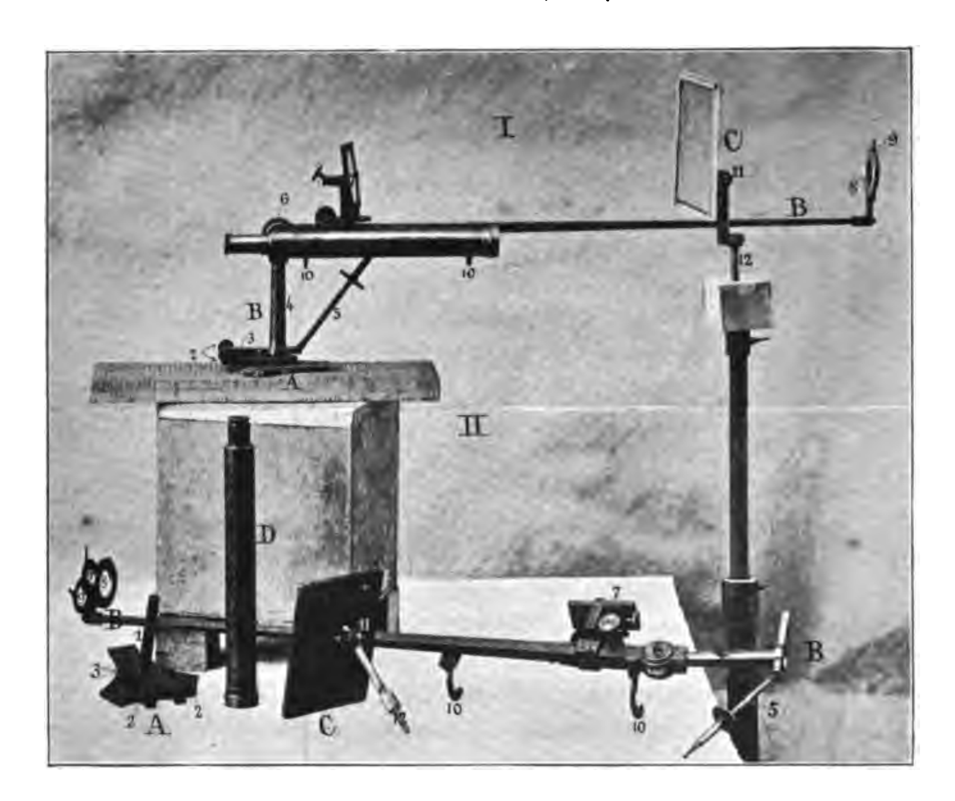
C. Reflexionsspiegel.
11. Knie.
12. Träger.

D. Fernrohr.

Den danske Gradmaaling.
Hermed 2 Fotografier

Heliotrop af Repsold

1 : 4



I. Det opstillede Instrument. – II. Dets enkelte Dele.

A. *Fod*
1 Staaltap
2 Stilleskruer
3 Klemskrue

B. *Heliotropstang (Staal)*
4 Messinghylse til Foden
5 Skruestiver
6 Knæ
7 Heliotropspeil med horizontal Stilleskrue og Kamhjul samt vertical Stilleskrue
8 Aabning for Straalebündtet
9 Blænder
10 Kikkertleier

C. *Reflexionsspeil*
11 Knæ
12 Træskrue

D. *Kikkert*

Efter Directeurens Ordre:
E. C. Rasmussen,
Capitain af Generalstaben.

Fig. 3 [1])

Der Zeitpunkt des Entstehens der drei Heliotrope unter 2. konnte aus einem noch erhaltenen Rechnungsbuche entnommen werden, welches zwischen Repsold und Schumacher geführt wurde. Es sind dort unter dem 20. September 1823 „drei heliotropische Vorrichtungen" angeführt und am 28. September noch „drei Spiegel mit drehbaren Vorrichtungen zum Gebrauch bei den Heliotropen" (die Hülfsspiegel). Ueber

[1]) Bei der Reproduktion ist die Original-Photographie auf die Hälfte verkleinert worden. — Die Red.

die Heliotrope von 1821 findet sich in diesem Buche nichts. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sie nur als Versuchs-Instrumente gegolten hatten und nach Vollendung der andern drei von Repsold zurückgenommen worden sind; denn unter alten Beständen der Werkstatt befinden sich noch jetzt drei Heliotropspiegel, welche denen der Photographie ganz ähnlich sind.

Eine weitere Erläuterung der Abbildungen wird kaum nöthig sein. Man erkennt sogleich, dass die beiden Heliotrope, das von 1821 und das von 1823, auf derselben Grundlage beruhen. Das erstere ist aber ein rasch zusammengebautes, möglichst einfaches Versuchs-Instrument, mit dem jedoch, wie Schumacher's Urtheil bestätigt, geübte Beobachter recht gut arbeiten konnten. Das andere dagegen ist vollständig durchgebildet und für alle nöthigen Berichtigungen eingerichtet; besonders sind hinzugekommen die senkrechte drehbare Säule mit Azimuthal-Klemme und -Stellschrauben und die unter die Visirstange zu stellende Schraubenstütze für Höhenberichtigung. Ein kleiner Unterschied scheint noch darin zu bestehen, dass 1823 das Fernrohr nur lose eingelegt wurde; man hat vielleicht vorgezogen, es nach der Einrichtung des Apparats auf die ferne Station abzunehmen.

Bemerkenswerth ist, dass ein Loch im Spiegel zum direkten Einvisiren, wie es sich bei späteren Heliotropen findet, an dem Apparat von 1823 nicht vorhanden ist. Auf grosse Entfernungen, für die er wohl nur bestimmt war, und für Kurzsichtige ist ein Fernrohr nicht zu entbehren, und es ist auch bei Anordnung der Höhen-Stellschraube des Spiegels auf ein Loch in der Mitte des Spiegels keine Rücksicht genommen. — In der Skizze des Heliotrops von 1821 ist über diesen Punkt nichts zu erkennen. Der Widerspruch in den Beschreibungen Schumacher's und Schuback's, von denen die eine ein Fernrohr angiebt, die andere nicht, würde aber verschwinden, wenn man annähme, dass diese einfachen Instrumente *mit* und *ohne* Fernrohr benutzt worden sind. In diesem Falle wäre freilich ein Loch im Spiegel auch nicht durchaus nothwendig, denn man könnte zum Einvisiren den Spiegel zeitweilig durch ein Diaphragma oder ein Fadenkreuz ersetzt haben. Aber sicher ist, dass jene denkbar einfachste Form des Heliotrops, also ohne Fernrohr und mit Loch im Spiegel, Repsold keineswegs entgangen war. Es ergiebt sich dies aus dem im *Civilingenieur 1877. S. 631* mitgetheilten Schreiben Baeyer's, in welchem es heisst:

> „Als ich im Jahre 1825 eine Reise nach Bremen und Hamburg machte, besuchte ich in Hamburg den alten Repsold, den Grossvater des jetzigen, und klagte ihm meine Noth darüber, dass die Spiegel am Gauss'schen Heliotropen sich fast nach jedem Transport derangirten, und dass die Leute, welche ich zum Heliotropiren benutzen müsste, sie nicht zu corrigiren verständen, so dass ich bei jedem Stationswechsel einen Gehülfen dazu abschicken müsse. — Hierauf erwiderte er in seiner einfachen Manier: Mein Gott! nehmen Sie doch ein Brettchen und stellen an dem einen Ende einen Spiegel auf, der um eine verticale und um eine horizontale Achse drehbar ist, so dass er in eine jede Ebene gebracht werden kann. In der Mitte des Spiegels machen Sie ein kleines Loch und stellen am anderen Ende des Brettchens ein Fadenkreuz auf. Richten Sie nun durch das Loch im Spiegel das Fadenkreuz auf ein Object und drehen den Spiegel so, dass der Schatten von dem Loch im Spiegel auf das Fadenkreuz fällt, so hat das Object Licht."

Es ist wohl möglich, dass Repsold selbst nie ein Heliotrop dieser einfachsten Art hat ausführen lassen; die Priorität der Angabe desselben wird ihm aber schwerlich bestritten werden können.

Es scheint in der That, dass die drei der dänischen Gradmessung gehörigen Heliotrope die einzigen sind, welche aus J. G. Repsold's Händen in andre übergegangen sind. Im *Civilingenieur 1877. S. 632* ist freilich noch eines „Repsold'schen Heliotrops" erwähnt, welches dem Gauss'schen ähnlich sein soll, und zufolge einer gefälligen Mittheilung des Herrn Geheimrath Nagel ist die betreffende Bemerkung *Fischer's Lehrbuch der höheren Geodäsie, Darmstadt 1846, Abschn. 2. S. 67* entnommen, wo sich nach der Beschreibung des Gauss'schen Heliotrops folgender Zusatz findet:

„Bei diesen Bewegungen kann es vorkommen, dass sich das Fernrohr selbst, obgleich es ziemlich fest gestellt ist, verrückt, was man jedoch, weil der Spiegel vor dem Objectiv sich befindet, nicht bemerken kann. Diesem Uebelstande hilft das Repsold'sche Heliotrop ab, bei dem die Spiegel ebenfalls bei dem Objectiv, aber über dem Fernrohr angebracht sind, während über dem Ocular eine Scheibe sich befindet, die eine runde Oeffnung hat. Diese Oeffnung wird so gestellt, dass eine durch ihre Mitte und die Drehachse der Spiegel gezogene Linie der optischen Achse des Fernrohres genau parallel ist. Hat man nun das Fernrohr nach der Station des Beobachters gerichtet und die Scheibe durch ihren schmalen Schatten (?) gehörig gestellt, so hat man nur noch die Spiegel um ihre Achse so zu drehen, dass das Sonnenbild des mittleren durch die besagte Oeffnung sichtbar wird. Auf diese Art ist das Gesichtsfeld des Fernrohres ganz frei, man kann zu jeder Zeit nach der Beobachtungsstation sehen und allenfallsige Verrückungen des Fernrohrs verbessern."

Das ist aber im Wesentlichen ein Gauss'sches Heliotrop, selbst wenn Repsold es gemacht haben sollte; denn es weist die doppelte Spiegelung beim Objektiv auf, während für das Repsold'sche der einfache Spiegel am Okularende charakteristisch ist. Ich vermuthe indess, dass das Instrument, von dem Fischer spricht, das 1823 von Schumacher bestellte Gauss'sche Heliotrop ist (s. Briefwechsel Gauss-Schumacher Nr. 172), welches Repsold vielleicht auf seinen Wunsch abgeändert hat.

Ueber eine Methode, das Mitschwingen bei relativen Schweremessungen zu bestimmen.

Von

Dr. R. Schumann in Potsdam.

In der letzten Zeit sind für relative Schweremessungen mittels invariabler Pendel mehrfach Stative gebaut worden, an denen mehrere Pendel gleichzeitig schwingen können, so durch Bamberg nach Angaben von Hrn. Prof. Haid (vgl. *diese Zeitschr. 16. S. 193. 1896*) und durch P. Stückrath nach Angaben von Hrn. Borrass. Sind zwei Pendel an einem Stativ derart angebracht, dass ihre Schwingungsebenen zusammenfallen und ihre Schneiden in gleicher Höhe liegen, und ist überhaupt Mitschwingen vorhanden, so müssen die schwingenden Pendel einander in bestimmter Weise beeinflussen; umgekehrt muss aus der Grösse dieses Einflusses auf die Grösse des Mitschwingens geschlossen werden können. Auf diese Art ist schon von verschiedenen Seiten versucht worden, das Mitschwingen zu bestimmen, hauptsächlich für absolute Schweremessungen.

Versuche, das im Geodätischen Institut ausgearbeitete „Wippverfahren" (vergl. *Astron. Nachrichten Nr. 3353*) zu verfeinern, führten zu einem von Lorenzoni bereits

im Jahre 1885, ebenfalls für absolute Schweremessungen angewandten Verfahren[1]). Die von Lorenzoni erreichte Uebereinstimmung (*a. a. O. S. 152*) ist indessen für relative Schweremessungen bei weitem nicht genügend und im Folgenden soll kurz eine Modifikation des Lorenzoni'schen (oder auch des Wipp-) Verfahrens angegeben werden, das ich im Laufe des Jahres 1896 im Geodätischen Institute ausgebildet habe, und das erlaubt, den Einfluss des Mitschwingens in sehr kurzer Zeit mit einem mittleren Fehler von 1 bis 2 Einheiten der 7. Dezimale der Schwingungszeit oder der Pendellänge zu bestimmen; ausführlichere Mittheilungen sollen später an einem anderen Orte erscheinen.

Eine *erste Voraussetzung*, die beide Pendel betrifft, ist die, dass ihre Schwingungszeiten auf 1 bis 2 Einheiten der 5. Dezimale übereinstimmen. Ist keine dementsprechende Kombination unter den gegebenen invariablen Pendeln von vornherein vorhanden, so kann man sich zunächst auf zwei Weisen helfen: entweder man legt auf die Linse des langsamer schwingenden Pendels Gewichtchen auf, die sich nach der bekannten Formel für die Länge des zusammengesetzten Pendels und bei bekannten Dimensionen des Pendels ohne Mühe berechnen lassen, oder, da bei Anbringung von Gewichten in der Mitte der Pendelstange die Aenderung der Schwingungszeit am grössten ist, man klemmt an dieser Stelle in zweckmässiger Weise Gewichtchen an, die dann wesentlich kleiner sind als die eben erwähnten. Ist im zweiten Falle $l_1 - l_2$ die Pendellängendifferenz in Meter, $t_1 - t_2$ die Differenz der Schwingungszeiten in Sekunden, m das Gewicht des Pendels, so ist das anzuklemmende Gewicht nahezu gleich $16\,m\,(l_1 - l_2)$, oder gleich $16\,m\,(t_1 - t_2)$.

Wenn diese Belastungen Bedenken wegen der Invariabilität erregen sollten, so benutzt man besser ein *ad hoc* konstruirtes Hülfspendel mit regulirbarer Schwingungszeit. Diese Regulirung ist am bequemsten, wenn die Linse in einem Schraubengewinde sich höher oder tiefer stellen lässt; bei dem Hülfspendel, das mit gütiger Bewilligung des Hrn. Geheimrath Helmert von Hrn. Stückrath für das Geodätische Institut angefertigt wurde, geschieht die Regulirung durch ein Laufgewicht, das an die Stange geklemmt wird. Ein solches Hülfspendel kann in einzelnen Theilen roher ausgeführt sein, als das Hauptpendel, da jenes nicht in Bezug auf Invariabilität beansprucht wird; eine feine Schneide und ein Spiegel sind indessen unerlässlich. Der Spiegel wird drehbar eingerichtet, sodass beide Skalenbilder im Fernrohr des Koïnzidenzapparates immer nebeneinander gestellt werden können.

Giebt man dem Hülfspendel ein etwas grösseres Gewicht, so erreicht man noch den Vortheil, dass erstens nicht der einfache Betrag, sondern je nach dem Gewicht ein Vielfaches der Mitschwingung bestimmt wird, und dass zweitens eine grössere Zahl von Skalentheilen verwendet wird; der erste Umstand vermindert den Einfluss der Beobachtungsungenauigkeit, der zweite speziell den der Schätzfehler.

Eine *zweite Voraussetzung*, die besonders das Hauptpendel betrifft, ist, dass die von ihm in Bewegung gesetzten Luftschichten nicht durch zu nahe Hindernisse gestört werden; nach den von mir zu diesem Behufe angestellten Beobachtungen genügt dabei für kleine Amplituden eine Entfernung von 1 *cm*. Nöthigenfalls verhindert man die Einwirkung des stärker schwingenden Hülfspendels durch eine (interimistische) Zwischenwand; bei einem Zwischenraum von 3 bis 4 *cm* zwischen den inneren Rändern der Pendellinsen dürfte diese überflüssig sein.

---

[1]) Siehe hierüber: *Associazione Geodetica Internazionale: la lunghezza del pendolo semplice a secondi, di Giuseppe Lorenzoni, S. 65 bis 72.*

Fig. 1 giebt in schematischer Weise den Grundriss eines Pendelstativs mit zwei Pendeln P_1 und P_2; ihre Spiegel sind gegen einander gekehrt, die Lichtstrahlen werden durch zwei Prismen in das Fernrohr reflektirt. Die Vorbereitungen zur eigentlichen Beobachtung sind folgende: an den Stift A (Fig. 1) wird ein Zwirnsfaden geknüpft, um das eine Pendel (Hülfspendel) geführt und an der Spitze der Schraube B befestigt; mit Hülfe von B wird dem Hülfspendel eine Amplitude von 30′ bis 40′ gegeben und hierauf das andere Pendel (Hauptpendel) durch seitliches Anlehnen eines Streifens Kartonpapier so vollkommen als möglich beruhigt. Ist keine Bewegung des Hauptpendels mehr zu bemerken, so wird der Streifen sorgsam weggenommen und das Hülfspendel, um eine Erschütterung beim Anfassen mit der Hand zu vermeiden, durch Abbrennen des Zwirnsfadens in Bewegung gesetzt.

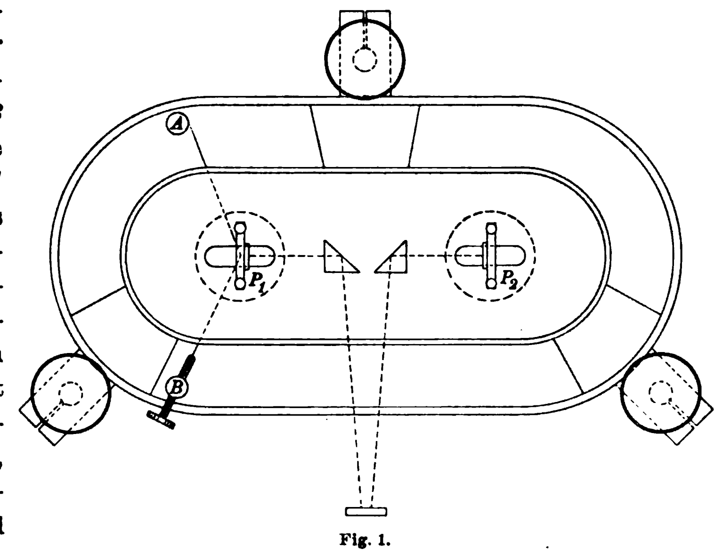


Fig. 1.

Sofort hierauf beginnt die Beobachtung beider Amplituden nach den Sekunden eines Chronometers; es hat sich dabei als genügend herausgestellt, in folgender Reihe zu beobachten: Hülfspendel, dreimal Hauptpendel, Hülfspendel, dreimal Hauptpendel u. s. w.; es ist gut, und es genügt auch nach einiger Uebung, dies bis zur ersten Amplitudenbeobachtung des Hülfspendels fortzusetzen, die nach Ablauf von 5 Minuten, vom Moment des Abbrennens an gerechnet, geschieht; mit den Vorbereitungen dauert ein solcher Versuch etwa 10 Minuten. Um den Einfluss der Schätzfehler herabzudrücken, ist zu empfehlen, bei einer Wiederholung den Nullpunkt der Skale vorher etwa um $1/2$ pars zu verstellen.

Bezeichnen

l die gemeinsame Pendellänge,
τ „ „ Schwingungszeit,
g die Schwere,
π die Zahl 3,1416,
t die Zeit,
z_0 die Amplitude des Hülfspendels für $t = 0$,
α die Amplitude des Hauptpendels,
$\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)_{t=0} = b$ das Wachsthum von α für $t=0$, und zwar für die Zeit einer Schwingung,

so erhält man die Mitschwingung β für das Hülfspendel nach einer der auf mehrfache Weise abgeleiteten Formeln

$$\beta = \frac{b}{z_0}\left(2\,l\sqrt{\frac{l}{g}}\right) \text{ oder auch nach } \beta = \frac{b}{z_0}\left(2\,g\left[\frac{\tau}{\pi}\right]^3\right).$$

Bei der Reduktion ist eine Berechnung auf drei, höchstens vier Stellen genügend,

Schwierigkeiten, namentlich bei grösserer Entfernung von Spiegel und Skale, verursacht im Anfang die Beobachtung der Amplitude des stark schwingenden Hülfspendels nach einer der üblichen Strichskalen; eine wesentliche Erleichterung hat mir dabei eine Skale von nebenstehender Einrichtung (Fig. 2) gewährt; ein solches weisses Feld, in dem der Horizontalfaden des Fernrohrs bei der Umkehr des Pendels stillsteht, ist besser zu theilen, als ein Strichintervall. Für die Entfernungen über 2 *m* genügt 2 *mm*-Theilung.

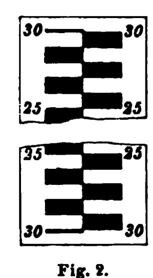


Fig. 2.

Zum Schlusse seien die ersten Beobachtungen mitgetheilt, die ich an einem für zwei Pendel umgearbeiteten Stückrath'schen Apparate erhalten habe; das Gewicht des Hülfspendels betrug dabei 3,5 *kg*.

Zunächst wurde zur Ermittelung der inneren Genauigkeit der erste Versuch fünfmal wiederholt; man erhielt in Einheiten der 7. Dezimale

$$\beta = 94{,}0$$
$$93{,}6$$
$$93{,}5$$
$$94{,}0$$
$$93{,}0.$$

Das Hülfspendel konnte nur aussen am Stativ angebracht werden; da sein Schwerpunkt über das Fussspitzendreieck hinaus fiel, so wurde die dem Pendel gegenüberliegende Fussspitze etwas angehoben, und man konnte vermuthen, dass das Mitschwingen geringer werden würde, wenn sie belastet würde; in der That erhielt ich nach Aufsetzen von 2 *kg*

$$\beta = 87{,}6$$
$$87{,}3.$$

weitere Belastungen (bis zu 18 *kg*) ergaben sehr viel geringere Aenderungen.

Ohne Belastung erhielt man darnach wieder wie vorher

$$\beta = 93{,}6.$$

Diese Versuche bewiesen die grosse Empfindlichkeit der Methode; weitere Ergebnisse sollen an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Vorrichtung zum Ablesen einer rotirenden Theilung.

Von

E. Brodhun.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In *dieser Zeitschr.* ***16.*** *S. 299. 1896* ist als Apparat zur messbaren Schwächung des Lichtes ein rotirender Sektor beschrieben worden, bei welchem die Grösse des Ausschnitts während der Rotation verändert werden kann. Während also bei diesem Apparat die Einstellung beim Rotiren geschieht, muss die Ablesung bei ruhendem Sektor erfolgen. Ist dies Verfahren einerseits mit ziemlich bedeutendem Zeitverlust verbunden, der namentlich dann fühlbar wird, wenn man längere Beobachtungsreihen auszuführen hat, so bringt es andererseits auch eine gewisse Unsicherheit mit sich. Denn es erscheint nicht völlig ausgeschlossen, dass sich die beiden Scheiben während des Anhaltens ein wenig gegen einander verschieben, man also einen anderen Winkel abliest, als man eingestellt hat, wenn auch dieser Fehler durch die Konstruktion möglichst verhindert ist. Aus diesen Gründen war es wünschenswerth, an dem Ap-

parat eine Vorrichtung anzubringen, durch welche man die Nonien während der Rotation selbst ablesen kann.

Um diesen Zweck zu erreichen, bieten sich leicht zwei Methoden. Die eine besteht darin, dass man den abzulesenden Nonius auf seinem ganzen Wege beobachtet, indem man von ihm durch Linsen und Spiegel ein feststehendes Bild entwirft. Man könnte z. B. zunächst ein Bild des Nonius in die Richtung der Rotationsachse bringen, sodass es sich um eine Achse drehen würde, welche durch dasselbe hindurch geht und auf ihm senkrecht steht, und dann dieses Bild durch ein Reversionsprisma betrachten, welches mit der halben Geschwindigkeit in derselben Richtung gedreht wird wie der Nonius. Diese Methode ist von E. Mach für die Konstruktion eines Apparats benutzt worden, in welchem er das Verhalten lebender Thiere während der Rotation beobachtete[1]). Ihre Anwendung für den vorliegenden Zweck erschien aber zu komplizirt.

Die zweite Methode besteht darin, dass man den Nonius bei kurz dauernder Beleuchtung beobachtet. Dies kann erstens mit Hülfe des elektrischen Funkens bezw. einer Geissler'schen Röhre geschehen, wie z. B. bei dem elektrisch betriebenen Anschütz'schen Schnellseher. Aber abgesehen davon, dass es nicht bequem ist, für die Ablesung einen besonderen elektrischen Apparat zur Verfügung haben zu müssen, dürfte auch die Konstruktion des Unterbrechers nicht sehr einfach sein, da an die Genauigkeit des Funktionirens ziemlich hohe Ansprüche gestellt werden müssten. Wenn wir nämlich annehmen, dass der Sektor 30-mal in einer Sekunde am Auge vorübergeht und bei zwei auf einander folgenden Beleuchtungen ein Bild gegen das andere um nicht mehr als $0{,}1^0$ verschoben sein darf, so muss das Aufblitzen des Funkens auf $\frac{1}{30 \cdot 3600}$ Sek. oder etwa auf $\frac{1}{100\,000}$ Sek. genau erfolgen.

Zweitens kann die kurz dauernde Erleuchtung nach dem Prinzip der stroboskopischen Scheibe geschehen. Nehmen wir an, dass die bewegte Oeffnung, durch welche der Nonius erleuchtet wird bezw. durch welche vom Nonius Licht in das Auge gelangt, sich mit derselben Geschwindigkeit bewegt wie der Nonius, und dass dieser, was sehr hoch gegriffen ist, um $0{,}1^0$ verwaschen gesehen werden darf, so darf die bewegte Oeffnung, da bei dem vorliegenden Apparat 1^0 etwa 2 *mm* entspricht, im Maximum 0,2 *mm* breit sein. Dabei ist noch für den Fall, dass sich die Oeffnung zwischen Auge und Nonius befindet, die Ausdehnung der Augenpupille nicht berücksichtigt. Man kommt so zu praktisch garnicht oder doch nicht leicht ausführbaren Anordnungen, und es bleibt, um ausreichend breite Beleuchtungsöffnungen anwenden zu können, der Ausweg, entweder die Geschwindigkeit der beleuchtenden Oeffnung gegen die des Nonius zu erhöhen oder die Bewegung des Nonius gegen die der Oeffnung optisch herabzusetzen. Das letztere Mittel benutzt die im Folgenden beschriebene Anordnung unter Verwendung eines Prismas mit veränderlichem Keilwinkel.

In Fig. 1 bezeichne A die zum Punkt verkürzte Rotationsachse, AC einen in der Ebene des Papiers um A rotirenden Strahl. B sei ein Punkt, der während der Rotation zu beobachten ist (ein Punkt des Nonius). Die Beobachtung geschehe durch ein Fernrohr F, welches bei der beliebigen Lage B des zu beobachtenden Punktes in der Richtung AC (also senkrecht zur Rotationsachse) auf den Punkt eingestellt ist. Dann bringe man bei C, also auf der Verlängerung des Strahles AB, eine plankonvexe

[1]) Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886. S. 70.

Zylinderlinse an, deren Achse der Rotationsachse A parallel liegt und durch AC hindurchgeht und bei welcher der Krümmungsradius gleich AC ist. Diese Linse ist mit dem Punkte B fest verbunden, rotirt also mit ihm. Unmittelbar hinter dieser Linse (von A aus) wird eine plankonkave Zylinderlinse von der gleichen Krümmung und der gleichen Lage der Achse, wie die plankonvexe Linse besitzt, angebracht. Diese Linse ist mit dem Fernrohr F fest verbunden, rotirt also nicht mit. Ferner sei dafür gesorgt, dass nur Licht durch die plankonvexe Linse in das Fernrohr gelangen kann. In der bezeichneten Lage bilden die beiden Zylinderlinsen eine planparallele Platte,

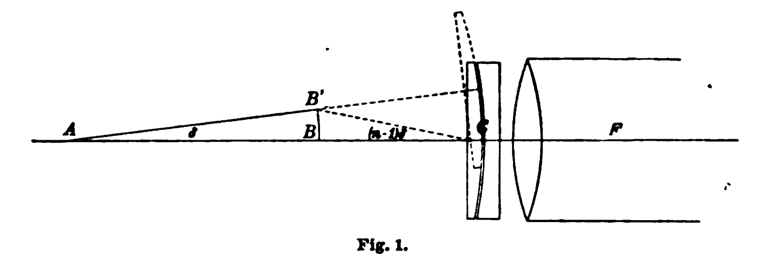


Fig. 1.

sodass also auch mit der Linsenkombination C in dem Fernrohr der Punkt B deutlich gesehen wird. Rotirt nun B um einen *kleinen* Winkel δ, sodass B nach B' gekommen ist, so bilden die beiden Zylinderlinsen ein Prisma von dem brechenden Winkel δ. In Richtung der Fernrohrachse wird also jetzt nicht mehr der Punkt B, sondern in Folge der Ablenkung durch das Prisma ein anderer oberhalb von B gelegener Punkt gesehen werden. Damit nun gerade der Punkt B' in Richtung der Fernrohrachse erblickt wird, muss bei gegebenem Brechungsindex der beiden Zylinderlinsen AB zu BC in einem bestimmten Verhältniss stehen. Ist der Brechungsindex n, so ist, da wir es hier immer mit kleinen Winkeln zu thun haben, die Ablenkung des Prismas $(n-1)\,\delta$, also muss, wenn der abgelenkte Strahl B' treffen soll

$$AB = (n-1)\,BC$$

sein[1]). Für $n = 1{,}5$ ist

$$AB = 0{,}5\,BC.$$

Stehen also AB und BC in diesem Verhältniss, so steht der zu beobachtende Punkt, solange er im Fernrohr gesehen wird, wie schnell auch die Rotation vor sich geht, absolut fest.

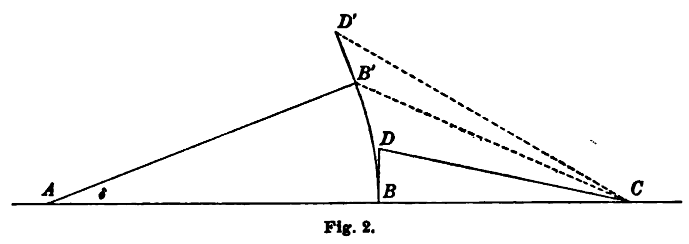


Fig. 2.

Nun hat man freilich in Wirklichkeit nicht einen Punkt B zu betrachten, welcher in der Ausgangsstellung (Null-Lage), wo die Linsen eine Planplatte bilden, in der Fernrohrachse liegt, sondern eine ausgedehnte Fläche. Wenn wir annehmen, dass diese Fläche in B auf dem rotirenden Strahl senkrecht steht, und D ihren äussersten Punkt in einer durch die Fernrohrachse senkrecht zur Rotationsachse gelegten Ebene bedeutet, so wird, wie man aus Fig. 2 erkennt, nach der Drehung um den

[1]) Für $n = 1$ ist $AB = O$. Dies entspricht dem Fall, dass man den beobachteten Punkt durch optische Mittel in die Rotationsachse verlegt. Dann braucht man natürlich keine Zylinderlinsen.

Winkel δ der Punkt D nicht wie in der Null-Lage unter dem Winkel DCB, sondern unter einem kleineren Winkel $D'CB'$ gegen die Fernrohrachse gesehen werden. Er wird also während der Rotation eine kleine Bewegung machen, der Rand der beobachteten Fläche mithin nicht so scharf wie die Mitte gesehen werden. Aber diese Unschärfe ist *für kleine betrachtete Flächen* eine Grösse zweiter Ordnung[1]).

Nebenbei sei bemerkt, dass man, wenn Gewicht auf möglichst grosse Deutlichkeit gelegt werden muss, die Anordnung so treffen kann, dass jene Unschärfe am Rande nicht auftritt. Man muss dann darauf verzichten, die Zylinderlinse mit derselben Achse in Rotation zu setzen wie die zu betrachtende Fläche. In Fig. 3 ist eine derartige Anordnung angegeben. In der Null-Lage befinden sich die Scheitel der Zylinderlinsen in der Rotationsachse A der betrachteten Fläche BD, die Rotationsachse A' der negativen Zylinderlinse, welche in entgegengesetzter Richtung wie die betrachtete Fläche gedreht wird, liegt in der Verlängerung von BA über A hinaus. Die Grösse von $A'A$ richtet sich wieder nach dem Brechungsindex der Zylinderlinsen, bezw. dem Verhältniss der Rotationsgeschwindigkeiten beider Achsen. Auch eine solche Einrichtung ist natürlich nur für kleine Winkel anwendbar.

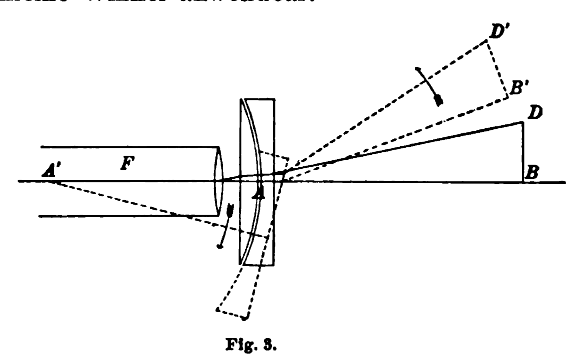


Fig. 3.

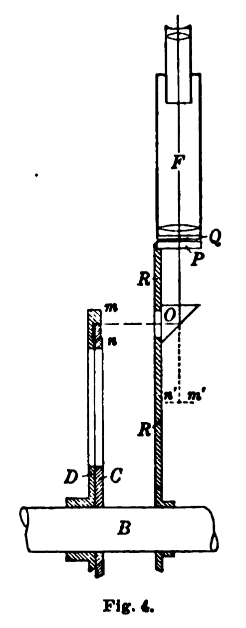


Fig. 4.

Für unsern speziellen Fall (den rotirenden Sektor) reichte die vorher beschriebene einfachere Anordnung vollkommen aus. Da aber der zu betrachtende Nonius senkrecht zur Rotationsachse liegt, so musste von ihm ein geeignetes Spiegelbild entworfen werden. Demgemäss ergab sich die in Fig. 4 gezeichnete Anordnung. Es bezeichnet B die Rotationsachse, C die Scheibe, welche den Nonius mn trägt. Diesem gegenüber ist das rechtwinklige Prisma O angebracht, welches der an der Achse B befestigte Träger R hält. R trägt ferner die konvexe Zylinderlinse P. In der Nulllage befindet sich hinter P die negative Zylinderlinse Q, welche nicht mit dem Träger R, sondern mit dem ruhenden Beobachtungsfernrohr F fest verbunden ist. Das Fernrohr F ist auf das Bild $m'n'$ des Nonius mn eingestellt.

Denkt man sich das Prisma O um eine zum Papier senkrechte, durch die Mitte der Hypotenusenfläche gelegte Gerade ein wenig geneigt, so wird das Bild $m'n'$ etwas seitlich im Gesichtsfeld des Fernrohrs liegen. Bringt man nun symmetrisch zu R einen zweiten Träger mit Prisma und negativer Zylinderlinse an und neigt dieses Prisma ein wenig nach der anderen Seite, so wird während der Rotation auf der anderen Hälfte des Gesichtsfeldes des Fernrohres das Bild des zweiten von mn um 180^0 entfernten

[1]) Sie ist proportional dem kleinen Winkel, unter welchem die beleuchtende Oeffnung (rotirende Linse) von der Rotationsachse aus erscheint, und zweitens dem kleinen Winkel, unter welchem das Objekt (Nonius) von dem Fernrohrobjektiv aus betrachtet wird.

Nonius entstehen. Man kann dann beide Nonien zugleich ablesen. In dieser Gestalt ist die Ablesevorrichtung an dem rotirenden Sektor der Reichsanstalt in Gebrauch.

Ueber die praktische Ausführung ist wenig hinzuzufügen. Der Apparat ist symmetrisch zur Rotationsachse gebaut, Gegengewichte sind also nicht nöthig. Man erkennt auch, dass die Vorrichtung leicht nachträglich an der Rotationsachse befestigt und bequem entfernt werden kann. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass nur Licht ins Fernrohr gelangt, wenn sich die positive Zylinderlinse vor dem Objektiv befindet. Ferner darf dann nur der betreffende Nonius hell erscheinen, also nicht die andere Hälfte des Gesichtsfeldes. Die Zylinderlinsen braucht man nur annähernd für die Verhältnisse passend auszusuchen. Die genaue Justirung kann man dann bewirken, indem man die Entfernung zwischen $m'n'$ und der Linse P so lange variirt, bis das Bild bei langsamer Drehung des Trägers R feststeht. Um das zu können, muss natürlich die Linse P so befestigt sein, dass sie dem Prisma O genähert oder von ihm entfernt werden kann. Die Nonien werden durch eine feststehende Glühlampe erleuchtet, welche in ein Gehäuse eingeschlossen ist, sodass sie nur Licht auf einen kleinen der Grösse des Nonius entsprechenden Theil der rotirenden Scheibe werfen kann.

Ueber einen Satz der Thermometrie.

Von

Dr. J. Hartmann in Potsdam.

Bei Gelegenheit einer Fortsetzung der von Hrn. Scheiner ausgeführten Untersuchungen über Isolirung gegen strahlende Wärme (vgl. *diese Zeitschr. 7. S. 271. 1887*) fand ich einen Satz, der trotz seiner ausserordentlichen Einfachheit bisher noch nicht beachtet worden zu sein scheint. Da einige Folgerungen aus diesem besonders für die Beurtheilung von Thermometern wichtigen Satze auch für die Temperaturbestimmungen bei wissenschaftlichen Messungen beachtenswerth sind, so erlaube ich mir, im Folgenden eine Darlegung desselben zu geben.

Der in Rede stehende Satz ist eine unmittelbare Folgerung aus dem Newton'schen Abkühlungsgesetze, nach welchem die Geschwindigkeit, mit der sich ein Körper abkühlt, unter sonst gleichen Umständen proportional ist dem Unterschiede zwischen seiner momentanen Temperatur und der Temperatur des umgebenden Mediums. Für ein zur Bestimmung der Luftwärme aufgestelltes Thermometer ergiebt sich hieraus:

I. Für den Stand A eines Thermometers, welches sich in einem Luftraume von der Temperatur W befindet, besteht die Differentialgleichung

$$\frac{dA}{dt} = \gamma (A - W), \qquad (1)$$

worin γ eine für jedes Instrument eigenthümliche Konstante ist, welche die Geschwindigkeit kennzeichnet, mit der dasselbe einer gegebenen Temperaturschwankung folgt.

Ich werde eine mit γ durch die Gleichung

$$\gamma = \log \text{nat} \, (1 - E) \qquad (2)$$

zusammenhängende Grösse E, welche vor γ den Vorzug einer einfachen physikalischen Bedeutung hat, kurz als die „Empfindlichkeit" des Thermometers bezeichnen, wobei als Zeiteinheit stets eine Minute gelten soll.

Im Allgemeinen wird die Luftwärme W selbst eine Funktion der Zeit t sein, deren analytischer Ausdruck jedoch nie gegeben ist. Als Annäherungen an wirklich vorkommende Zustände kommen nur die beiden Fälle einer konstanten und einer gleichmässig veränderlichen Temperatur in Betracht, auf welche sich auch jeder andere Verlauf der Luftwärme durch Zerlegung der ganzen Beobachtungszeit in kleinere Abschnitte zurückführen lässt.

Als allgemeinsten Fall betrachte ich daher zunächst den der gleichförmig veränderlichen Lufttemperatur. Es sei

$$W = W_0 + W_1 t,$$

wodurch (1) übergeht in

$$\frac{dA}{dt} = \gamma (A - W_0 - W_1 t). \tag{3}$$

Setzt man

$$\gamma (A - W_0 - W_1 t) = x,$$

so folgt

$$\frac{dA}{dt} = W_1 + \frac{1}{\gamma} \frac{dx}{dt}.$$

Gleichung (3) nimmt hierdurch die folgende Form an

$$W_1 + \frac{1}{\gamma} \frac{dx}{dt} - x = 0$$

oder

$$\frac{dx}{W_1 - x} + \gamma\, dt = 0.$$

Die Integration ergiebt nun

$$\log \mathrm{nat}\, (W_1 - x) - \gamma t + C = 0.$$

Werden die zur Zeit $t = 0$ gehörigen Werthe mit dem Index Null bezeichnet, so folgt

$$\log \mathrm{nat} \frac{W_1 - x}{W_1 - x_0} = \gamma t. \tag{4}$$

Durch die unter (2) aufgestellte Definition von E geht diese Gleichung endlich über in

$$W_1 - x = (W_1 - x_0)(1 - E)^t. \tag{5}$$

Macht man also bei gleichförmiger Aenderung der Lufttemperatur in gleichen Zeitintervallen Ablesungen des Thermometers, so bilden die Werthe $W_1 - x$ eine geometrische Reihe, welche nach ganzen Potenzen von $1 - E$ fortschreitet, wenn die Zeit zwischen zwei Beobachtungen gleich der Einheit (Minute) ist.

Eine wesentliche Vereinfachung tritt in dem Falle einer konstanten Aussentemperatur W ein. Setzt man $W_1 = 0$, so ergiebt sich aus (5)

$$A - W = (A_0 - W)(1 - E)^t. \tag{6}$$

In diesem Falle durchlaufen die Fehler der Thermometerangabe selbst die geometrische Reihe. Sind daher A_n und A_{n+1} zwei beliebige, um eine Minute von einander entfernte Ablesungen, so ist

$$A_{n+1} - W = (A_n - W)(1 - E)$$

oder

$$A_{n+1} - A_n = E(W - A_n). \tag{7}$$

In dieser einfachsten Gestalt lässt sich der Satz folgendermaassen aussprechen:

II. Bringt man ein Thermometer in einen Raum von konstanter Temperatur, so ändert sich sein Stand in jeder Minute um einen konstanten Bruchtheil E der beim Anfange der betreffenden Minute noch vorhandenen Differenz zwischen Aussen-

temperatur und Thermometerangabe. Der Bruch E ist die „Empfindlichkeit" des Instrumentes.

Durch diesen Satz ist zugleich die äusserst einfache Methode zur Bestimmung der Zahl E gegeben. In der Praxis wird man selbstverständlich je nach der Empfindlichkeit des zu untersuchenden Thermometers auch andere Beobachtungsintervalle wählen. Hat man in einem solchen Falle direkt nach obigem Satze den Bruch e für k Minuten gefunden, so ergiebt sich aus (6) der Uebergang auf eine ganze Minute durch die Formel

$$1 - E = (1 - e)^{\frac{1}{k}}. \qquad (8)$$

Ist der Werth von E für ein Thermometer einmal bestimmt, so kann man für jeden gegebenen Verlauf der Lufttemperatur die Kurve der zugehörigen Thermometerangaben berechnen. Da $1 - E$ ein echter Bruch ist, so wird sich nach (6) bei konstanter Luftwärme der Fehler $A - W$ asymptotisch dem Werthe Null nähern, während dies bei gleichförmig veränderlicher Temperatur nach (5) für die Grösse $W_1 - x$ eintritt. Von besonderem Interesse ist noch die Beantwortung der folgenden beiden Fragen:

1. Es ändere sich die Temperatur der Luft ziemlich schnell um p Grad; wieviel Zeit vergeht, bis die Ablesung des Instrumentes nur noch um f Grad fehlerhaft ist?

Setzt man in Gleichung (6)

$$A - W = f$$
$$A_0 - W = p,$$

so ergiebt sich die gesuchte Zeit t aus

$$t = \frac{\log f - \log p}{\log (1 - E)}. \qquad (9)$$

2. Welche Korrektion ist bei gleichförmiger Veränderung der Temperatur an den Thermometerablesungen anzubringen, um die wahre Lufttemperatur zu erhalten?

Wenn die gleichförmige Temperaturänderung bereits seit einigen Minuten auf das Thermometer eingewirkt hat, so ist nach (5)

$$W_1 - x = 0$$

zu setzen, woraus sich für den Fehler $A - W_0 - W_1 t$ der Thermometerangabe der Werth

$$A - W_0 - W_1 t = \frac{W_1}{\gamma} \qquad (10)$$

ergiebt. Um diesen Betrag bleibt das Thermometer hinter der wahren Temperatur zurück. Da dieser Werth von t unabhängig ist, so nimmt bei gleichförmiger Temperaturänderung jedes Thermometer bald einen von der Schnelligkeit der Temperaturänderung abhängigen Maximalfehler an, und sobald dieser erreicht ist, ändert sich auch der Thermometerstand mit der konstanten Geschwindigkeit W_1. Um den oben gefundenen Betrag des Fehlers W_1/γ zu durchlaufen, braucht das Thermometer mithin $W_1/\gamma : W_1$, d. h. $1/\gamma$ Minuten und diese Zeit ist nun auch noch von W_1 unabhängig. Da man nun innerhalb kurzer Zeiträume die Temperaturänderungen stets als nahezu gleichförmig betrachten kann, so besteht der einfache Satz:

III. Um die Lufttemperatur zur Zeit t zu bestimmen, hat man das Thermometer um eine für jedes Instrument konstante Zeit w nach dem Zeitpunkte t abzulesen. Diese Wartezeit ist gegeben durch

$$w = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{\log \text{nat} (1 - E)}. \qquad (11)$$

t	A	W	W—A_n	A_{n+1} — A_n	E	R	B—R
Min.	°	°	°	°		°	°
0	9,35	19,60	+ 10,25	+ 0,87	0,085	9,35	0,00
1	10,22		9,38	0,82	87	10,26	— 4
2	11,04		8,55	0,76	89	11,08	— 4
3	11,80		7,79	0,70	90	11,84	— 4
4	12,50		7,08	0,65	92	12,52	— 2
5	13,15		6,43	0,59	92	13,14	+ 1
6	13,74		5,84	0,52	89	13,71	+ 3
7	14,26		5,31	0,47	89	14,23	+ 3
8	14,73	19,57	4,84	0,42	87	14,70	+ 3
9	15,15		4,43	0,39	88	15,14	+ 1
10	15,54		4,04	0,35	83	15,54	0
11	15,89		3,60	0,32	89	15,91	— 2
12	16,21		3,38	0,30	89	16,23	— 2
13	16,51		3,09	0,29	94	16,54	— 3
14	16,80		2,81	0,24	85	16,82	— 2
15	17,04		2,57	0,22	86	17,07	— 3
16	17,26	19,62	2,36	0,22	94	17,31	— 5
17	17,48		2,15	0,18	84	17,52	— 4
18	17,66		1,98	0,18	91	17,72	— 6
19	17,84		1,81	0,16	88	17,90	— 6
20	18,00	19,66	1,66	0,13	78	18,07	— 7
21	18,13		1,53	0,14	92	18,21	— 8
22	18,27		1,39	0,12	86	18,34	— 7
23	18,39		1,28	0,11	86	18,46	— 7
24	18,50	19,67	1,17	0,10	85	18,57	— 7
25	18,60		1,07	0,10	93	18,67	— 7
26	18,70		0,97	0,08	82	18,76	— 6
27	18,78		0,89	0,07	79	18,84	— 6
28	18,85		0,82	0,08	98	18,91	— 6
29	18,93		0,74	0,07	95	18,98	— 5
30	19,00		0,67	0,06	90	19,04	— 4
31	19,06		0,61	0,05	82	19,10	— 4
32	19,11	19,67	0,56	0,04	71	19,15	— 4
33	19,15		0,52	0,05	97	19,19	— 4
34	19,20		0,47	0,04	85	19,24	— 4
35	19,24		0,43	0,04	93	19,27	— 3
36	19,28		0,39	0,03	77	19,31	— 3
37	19,31		0,36	0,03	83	19,34	— 3
38	19,34		0,33	0,03	91	19,37	— 3
39	19,37		0,30	0,03	100	19,40	— 3
40	19,40		0,27	0,03	111	19,42	— 2
41	19,43		0,24	0,02	83	19,44	— 1
42	19,45		0,22	0,03		19,46	— 1
43	19,48	19,67	0,19	0,02		19,48	0
44	19,50		0,18	0,02		19,51	— 1
45	19,52		0,16	0,01		19,52	0
46	19,53		0.15	0,02		19,54	— 1
47	19,55		0,14	0,02		19,56	— 1
48	19,57	19,70	0,13	0,02		19,58	— 1
49	19,59		0,12	0,01		19,60	— 1
50	19,60		0,11	0,01		19,61	— 1
51	19,61		0,10	0,01		19,62	— 1
52	19,62	19,71	0,09	0,01		19,63	— 1
53	19,63		0,08	0,01		19,64	— 1
54	19,64		0,07	0,01		19,64	0
55	19,65		0,07	0,01		19,66	— 1
56	19,66		0,06	0,01		19,66	0
57	19,67	19,72	0,05	0,01		19,67	0
58	19,68		0,05	0,01		19,68	0
59	19,69		0,04	0,00		19,69	0
60	19,69		0,04	0,01		19,69	0
61	19,70	19,73	0,03			19,69	+ 1
			116,41	10,35	0,0889		

Da in den meisten Fällen $E < 1/_2$ ist, so genügt es als erste Annäherung, von der Reihenentwickelung

$$\log \text{nat} (1 - E) = -(E + {}^1/_2 E^2 + {}^1/_3 E^3 \ldots)$$

nur das erste Glied beizubehalten, sodass man genähert hat

$$w = \frac{1}{E}. \tag{12}$$

Das Vorzeichen ist nicht weiter zu beachten, da über den Sinn von w kein Zweifel besteht.

Zur Erläuterung der obigen Sätze möge das folgende Beispiel dienen. Ein Bodenthermometer mit grossem zylindrischen Quecksilbergefäss von etwa 8 *ccm* Inhalt wurde in ein auf möglichst konstanter Temperatur gehaltenes Zimmer gebracht. Nachdem die erste rückläufige Bewegung der Kuppe vorüber war, wurden von Minute zu Minute die vorstehenden 62 Ablesungen A erhalten.

Die Lufttemperatur W wurde gleichzeitig an zwei empfindlicheren Thermometern kontrolirt, und man erkennt im Anfange der Beobachtungsreihe deutlich die Störung, welche durch das Heranbringen des kalten Instrumentes verursacht wurde. Aus je zwei aufeinanderfolgenden Ablesungen sind dann nach Gleichung (7) die in Spalte 6 gegebenen Werthe von E berechnet, deren Uebereinstimmung als eine vollkommene zu bezeichnen ist, wenn man beachtet, dass ein Fehler in A von 0°,01 die letzte Stelle von E bei $t = 11$ um 3 Einheiten, bei $t = 26$ um 10 Einheiten und bei $t = 41$ bereits um 40 Einheiten ändert. Von $t = 42$ an wurden daher oben die einzelnen E, deren Unsicherheit ihren ganzen Betrag bald übersteigt, nicht mehr berechnet.

Durch die vollkommene Konstanz des Werthes von E, die sich ebenso in mehr als 30 anderen Beobachtungsreihen bestätigte, ist der experimentelle Beweis erbracht, dass innerhalb der hier in Frage kommenden Grenzen der Gang des Thermometers jedenfalls mit sehr grosser Annäherung durch das Newton'sche Abkühlungsgesetz dargestellt wird. Um dies noch deutlicher zu zeigen, wurden aus dem gefundenen Mittelwerthe $E = 0{,}0889$ und aus der ersten Ablesung $A = 9°{,}35$ nach Gleichung (6) alle folgenden Ablesungen berechnet. Diese theoretischen, unter R angegebenen Thermometerstände entfernen sich von den beobachteten Werthen während der ganzen, eine Stunde langen Messungsreihe im Maximum um 0°,08. Es darf dabei kein Bedenken erregen, dass die Werthe von $B - R$ immer lange Zeit das gleiche Vorzeichen behalten, denn sobald einmal etwa durch einen Luftzug die Temperatur des Thermometers eine kleine Störung erlitten hat, werden alle folgenden A denselben Fehler zeigen müssen. Hätte man z. B. oben die Aenderung von W zwischen $t = 8$ und $t = 43$ gleichmässig und nicht in der durch die Kontrolthermometer angezeigten plötzlichen Weise stattfinden lassen, so wäre $B - R$ fast vollständig verschwunden. Nach dem Ende der Reihe hin muss $B - R$ stets wieder Null werden, da sich A und R gleichzeitig der Grenze W nähern.

Aendert sich einmal die Lufttemperatur schnell um 2°, so wird dieses allerdings ziemlich träge Thermometer nach Gleichung (9) 7,5 Minuten brauchen, um die neue Temperatur wenigstens auf einen ganzen Grad richtig zu zeigen; verlangt man aber eine Genauigkeit von 0°,1, so müsste man mit der Ablesung 32 Minuten von dem Momente der Temperaturänderung an warten. Auch diese Zahlen werden durch obige Beobachtungsreihe vollkommen bestätigt: Bei $t = 18$ betrug $W - A$ etwa 2°; bei $t = 25{,}7$, also nach 7,7 Minuten, war die Aussentemperatur bis auf 1° und nach 32 Minuten, bei $t = 50$, bis auf 0°,1 erreicht.

Findet dagegen z. B. eine gleichförmige Temperaturänderung von 3° in einer Stunde statt, so folgt $W_1 = 0°{,}05$ und nach (10) wird obiges Instrument in diesem Falle

einen konstanten Fehler von 0°,54 besitzen, um welchen es bei steigender Temperatur zu tief, bei fallender zu hoch steht. Will man die Lufttemperatur zur Zeit t bestimmen, so hätte man dieses Thermometer nach (11) erst zur Zeit $t + 10,^{m}74$, also fast 11 Minuten später abzulesen.

Ueber den erheblichen Betrag dieser Wartezeit war ich selbst sehr erstaunt; denn während man sich bisher bei allen Messungen, auf welche die Lufttemperatur von Einfluss ist, stets bemüht hat, die Thermometerstände möglichst genau für den Moment der Beobachtung zu ermitteln, würde es nach Obigem viel richtiger sein, mit der Thermometerablesung immer eine geraume Zeit zu warten. Es wurde hier allerdings eine während einiger Zeit gleichmässige Veränderung der Lufttemperatur vorausgesetzt, doch wird man mit dieser Annahme dem durchschnittlichen Temperaturverlaufe sich gewiss mehr nähern, als wenn man die Temperatur als konstant annimmt; und nur in diesem letzteren Falle würde auch die sofortige Ablesung die wahre Luftwärme ergeben.

Um deutlich zu zeigen, dass man nicht nur bei gleichförmiger Temperaturänderung, sondern bei jedem beliebigen Gange des Thermometerstandes durch Innehaltung der Wartezeit erheblich genauere Temperaturbestimmungen erzielt, gebe ich in dem folgenden Beispiele noch das Verhalten eines Thermometers von mittlerer Empfindlichkeit ($E = 1/3$) bei einer kurzen Temperaturwelle von 1° Amplitude.

t	W	A	F_1	F_2
Min.	°	°	°	°
0	12,00	12,00	0,00	+ 0,02
1	12,02	12,00	— 2	+ 3
2	12,05	12,01	— 4	+ 4
3	12,11	12,02	— 9	+ 4
4	12,18	12,05	— 13	+ 3
5	12,27	12,09	— 18	+ 1
6	12,34	12,15	— 19	+ 1
7	12,42	12,21	— 21	+ 2
8	12,50	12,28	— 22	+ 4
9	12,63	12,35	— 28	0
10	12,75	12,44	— 31	— 4
11	12,82	12,54	— 28	— 3
12	12,88	12,63	— 25	— 3
13	12,94	12,71	— 23	— 4
14	12,98	12,79	— 19	— 5
15	12,99	12,85	— 14	— 4
16	13,00	12,90	— 10	— 4
17	12,99	12,93	— 6	— 3
18	12,98	12,95	— 3	— 4
19	12,95	12,96	+ 1	— 5
20	12,90	12,96	+ 6	— 6
21	12,82	12,94	+ 12	— 6
22	12,72	12,90	+ 18	— 5
23	12,61	12,84	+ 23	— 4
24	12,50	12,76	+ 26	— 3
25	12,37	12.67	+ 30	0
26	12,26	12,57	+ 31	+ 1
27	12,16	12,47	+ 31	+ 3
28	12,08	12,37	+ 29	
29	12,02	12,27	+ 25	
30	12,00	12,19	+ 19	

W sind hier die angenommenen wahren Lufttemperaturen, aus denen die Thermometerangaben *A* nach (7) berechnet wurden; unter F_1 sind die Fehler der Temperaturbestimmung angegeben, die man bei sofortiger Ablesung des Thermometers begeht, während die unter F_2 stehenden Fehler eintreten, wenn man mit der Ablesung stets 3 Minuten wartet. Der Vorzug des neuen Ableseverfahrens ist aus diesen Zahlen ohne Weiteres ersichtlich.

Zur Orientirung theile ich noch die Werthe der „Empfindlichkeit" mit, die sich für einige gebräuchliche Thermometerformen ergeben haben.

Empfindlichkeit verschiedener Thermometer.

Assmann'sches Aspirationsthermometer, aspirirt, fallend	$E = 0{,}84$
„ „ „ steigend	0,73
„ „ nicht aspirirt	0,066
Standthermometer, Kugel 7 *mm* Durchm., bei starkem Wind	0,50
„ bei mässig bewegter Luft	0,40
„ im Zimmer	0,25
Beobachtungstherm., Kugel 10 *mm* Durchm., bei starkem Wind	0,44
„ bei mässig bewegter Luft	0,38
„ im Zimmer	0,17
Richard'scher Thermograph mit Bourdon'schem Manometerrohr,	
bei bewegter Luft	0,33
bei ruhiger Luft	0,12
Bodenthermometer, 8 *ccm* Quecksilberinhalt	0,089
Pendelthermometer ohne Linse	0,074
Gewöhnliches Zimmerthermometer mit Holzskale	0,10.

Das Aspirationsthermometer und der Thermograph wurden mir von Herrn Prof. Sprung, das Pendelthermometer von Herrn Geh.-Rath Helmert freundlichst zur Verfügung gestellt. Das zuletzt genannte Instrument hat die Form der invariabelen Halbsekundenpendel: eine etwa 30 *cm* lange, 8 *mm* starke Messingstange, welche unten die schwere Linse trägt. In ein Thermometer ist dieser Apparat dadurch verwandelt, dass die Stange in ihrer ganzen Länge durchbohrt und durch ein ebensolanges Quecksilbergefäss ausgefüllt wurde. An der hiermit verbundenen Kapillaren wird man also sehr nahe die Temperaturen der Messingstange ablesen. Die oben gegebene Zahl ist deswegen interessant, weil sie anzeigt, in welcher Weise kleinere Messingtheile der Lufttemperatur folgen. Ganz anders wird dagegen das Verhalten bei grösseren Apparaten aus Metall. Schon wenn man an der genannten Messingstange die Linse anbrachte, so folgten die Ablesungen nicht mehr dem einfachen Abkühlungsgesetze: Anfangs kühlt sich die Stange der obigen Zahl entsprechend ab, doch nach und nach tritt die Wärmezufuhr aus der anhängenden Metallmasse immer stärker hervor, sodass *E* immer kleiner wird. Für ein ganzes Beobachtungsinstrument ist es daher nicht möglich, die Wärmeempfindlichkeit durch eine einzige Zahl erschöpfend darzustellen, sondern dies wird immer nur für homogene Körper von geometrisch einfachen Formen geschehen können. Immerhin wird man aber den Schwerpunkt obiger Sätze neben ihrer direkten Anwendung zur Thermometerprüfung gerade darin zu erblicken haben, dass man auf dieser Grundlage bei Berücksichtigung der Gesetze der Wärmeleitung zu einer exakten Temperaturbestimmung einzelner wichtiger Instrumententheile gelangen kann, worüber an anderer Stelle eingehender berichtet werden soll.

Potsdam, Astrophys. Observatorium, Dezember 1896.

Referate.

Ablesevorrichtung für Aufzeichnungen selbstthätiger Pegel[1]).

Von Wilhelm Seibt. *Centralbl. d. Bauverwalt. 1896. S. 572.*

Eine der eigenartigen Einrichtungen des „selbstthätigen kurvenzeichnenden Kontrolpegels System Seibt-Fuess" besteht darin, dass, wie in meiner in *dieser Zeitschr. 11. S. 351. 1891* abgedruckten Abhandlung ausgeführt ist, von zwei in unabänderlicher Entfernung von einander befestigten Stiften auf dem Registrirbogen oben und unten je eine Grundlinie fg bezw. hi erzeugt wird. Das Maass, um welches die Entfernung der letzteren nach erfolgter Abnahme des mit der Wasserstandskurve versehenen Papierbogens von der Entfernung der beiden Stifte abweicht, liefert in verhältnissmässiger Vertheilung auf die bezüglichen, vom Bogen abgegriffenen Ordinaten den Werth zur Verbesserung der letzteren hinsichtlich des Einflusses der Grössenveränderung, welche der Papierbogen an der nachgemessenen Stelle seit der Aufzeichnung des betreffenden Wasserstandes zu erleiden hatte.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass zur Beseitigung des aus der eben erwähnten Quelle entspringenden Fehlers für jeden Punkt der Wasserstandskurve zwei Ordinaten abgegriffen und rechnerisch verarbeitet werden müssen.

Die in Nachstehendem beschriebene „Ablesevorrichtung"[2]) ermöglicht es, dem mit der Wasserstandskurve versehenen Papierbogen die einzelnen jeweiligen Wasserstände auf rein mechanischem Wege, von den Einflüssen jener Fehlerquelle völlig befreit, *unmittelbar* zu entnehmen.

Auf der linken und rechten Seite einer Unterlageplatte (Reissbrett, Zeichentisch u. s. w.) $ABCD$ befinden sich die beiden verschiebbaren Lineale L, welche mittels der durch entsprechende Ausschnitte in denselben geführten Flügelschrauben a festzuklemmen sind.

Einen weiteren Theil der Vorrichtung bildet ein auf beiden Seiten mit einer abgerundeten Spitze versehener Maassstab M, welcher von Spitze zu Spitze in x gleiche, der Entfernung der beiden vorhin erwähnten Feststifte des Apparates von einander und der Verjüngung, in welcher die Aufzeichnungen erfolgten, entsprechend bezifferte Theile eingetheilt ist, deren Summe um ein weniges dasjenige Maass überschreitet, welches der Entfernung der auf dem Registrirbogen gezeichneten Grundlinien bei der wahrscheinlichen Maximalausdehnung des Papierbogens von einander entspricht.

Wird nun der Papierbogen, von dem die Ordinaten abgegriffen werden sollen, auf die Unterlageplatte und unter die beiden Lineale L geschoben, und werden letztere dem-

[1]) Vom Herrn Verfasser eingesandt. — Die Red.

[2]) Es darf hier darauf hingewiesen werden, dass auch die von mir früher angegebene „Kompensations-Nivellirlatte" auf demselben mathematischen Grundgedanken beruht, auf welchem sich die hier besprochene „Ablesevorrichtung" aufbaut. (Vgl. Gradmessungs-Nivellement zwischen Swinemünde und Konstanz. *Veröffentlich. d. Königl. Geodät. Instituts. S. 13. Berlin 1882.*)

nächst auf dem Bogen mittels der Flügelschrauben *a* so festgeklemmt, dass ihre inneren Kanten *bc* und *de* genau auf die beiden von den Feststiften gezogenen Grundlinien *fg* und *hi* (bezw. auf einen Theil derselben) zu liegen kommen, dann ist an dem vorhin beschriebenen, mit seinen Spitzen an die inneren Kanten jener beiden Lineale sanft angedrückten Maassstabe infolge seiner von dem Maasse der Papierveränderung abhängigen jeweiligen schiefen Lage, wie ohne weitere Beweisführung ersichtlich ist, jeder Punkt der Kurve bezogen auf die eine oder die andere der beiden Grundlinien, hinsichtlich des Einflusses der etwa stattgehabten Grössenveränderung des Papierbogens *unmittelbar* fehlerfrei zu entnehmen.

Die hier besprochene Vorrichtung, die für die Auswerthung der von selbstthätigen Pegeln des Systems Seibt-Fuess aufgezeichneten Kurven wesentliche Erleichterung bietet, ist zum patentamtlichen Schutze angemeldet und wird von Hrn. R. Fuess in Steglitz für jedes gewünschte Grössenverhältniss angefertigt.

Ueber die photographische Bestimmungsweise der Polhöhe.

Von A. Marcuse. *Astronom. Nachrichten* ***141.*** *Nr. 22. 1896.*

Weiterer Bericht über die Genauigkeit der Polhöhenbestimmung, die mit dem photographischen Zenithteleskop zu erlangen ist (vgl. Ref. über den ersten Bericht in *dieser Zeitschrift* ***16.*** *S. 340. 1896*). Der Bericht umfasst diesmal Messungen vom November 1895 bis Februar 1896; als wahrscheinlicher F. des Polhöhenwerthes aus einem Sternpaar ergiebt sich dabei $\pm$ 0'',142, während die erste Reihe im Sommer 1895 $\pm$ 0'',109 ergeben hatte. Das Mittel beider Resultate ist $\pm$ 0'',125, zufällig genau derselbe Werth, den der Verf. aus Messungen mit dem Universal-Transit der Berliner Sternwarte, von ungefähr denselben Abmessungen wie das photographische Zenithteleskop, erhalten hatte. Ueber den Einfluss ungünstiger äusserer Umstände auf die Verfolgung der Polhöhenschwankungen durch das photographische Zenithteleskop an einem bestimmten Beobachtungsort berichtet der Verf. Günstiges: wegen zu heller Dämmerung z. B. kamen allerdings einzelne Sternpaare auf den Platten nicht zum Vorschein, leichte Bewölkung aber erwies sich kaum als störend, und fast ganz ohne Bedeutung war die Störung durch das Mondlicht. Im Ganzen sind nur 5% der gesammten Plattenzahl für die Ausmessung verloren gegangen, gewiss ein unerwartet günstiges Resultat. Ueber die zwischen optischer und photographischer Methode vergleichenden Messungen, die durch das Centralbureau der Erdmessung ausgeführt worden sind und auf die schon am Schluss des Referats über die erste Messungsreihe verwiesen worden ist, vgl. das folgende Referat. Ueber sein ganzes Messungsverfahren will der Verf. in Kurzem in einer besondern Publikation: „Die photographische Bestimmungsweise der Polhöhe“ Ausführliches mittheilen. Zur Genauigkeit photographisch-astronomischer Messungen vgl. auch die Beschlüsse der 1896-er (Pariser) Zusammenkunft des Comités der Internationalen Himmelskarte, ferner den Aufsatz von Wilsing, *Astron. Nachr.* ***141.*** *Nr. 6 (Nr. 3366). 1896* u. s. f.

Hammer.

Bericht über die am photographischen und am visuellen Zenithteleskop erhaltenen Resultate.

Von M. Schnauder und O. Hecker. *Königl. Preuss. Geod. Inst. (Centralbureau d. Erdmessg.). September 1896.*

Vergleichung der optischen und der photographischen Beobachtungsmethode zur Bestimmung der Breitenvariation.

Von Th. Albrecht. *Ebenda. Oktober 1896.*

Diese Berichte über die vergleichenden Messungen des geodätischen Instituts, auf die schon am Schluss des Ref. über Marcuse's erste Mittheilung (vgl. d. vorige Referat) hingewiesen worden ist, und auf die der Genannte auch in der vorstehend angezeigten Veröffentlichung wieder verweist, sollen Beiträge zur Entscheidung darüber geben, ob auf den

vier Stationen, die zur Verfolgung der „Erdachsenschwankung" zu errichten sind und auf denen fortlaufende Polhöhenbestimmungen auszuführen sein werden, die Messungen die Methode Marcuse's befolgen sollen oder ob es bei der „visuellen" Methode verbleiben soll. Die Berichte stellen nun in Abrede, dass die photographische Methode Vortheile gewähre, sie betonen, dass so gut wie kein Grund dafür, viele Gründe bestimmt dagegen sprechen, die altbewährte Methode zu verlassen: bei der photographischen Methode sei die Zahl der zur Beobachtung sich eignenden Sternpaare geringer; der Erfolg der Aufnahmen mehr äussern Einflüssen unterworfen und Unterbrechungen ausgesetzt; die Kontrole der Resultate erst verspätet möglich und nicht vom Beobachter selbst und allein durchzuführen; die Konstantenbestimmung des Messapparates erschwert; die Ausmessung der Platten zeitraubend und äusserst mühsam, ferner möglicher Weise stark von persönlichen und meteorologischen Einflüssen abhängig, wie denn überhaupt die lichtempfindliche Schicht der Platten ein unkontrolirbares Element vorstelle. Die ganze photographische Methode, fügt Albrecht hinzu, stelle gegenüber der Einfachheit der optischen Methode eine beträchtliche Komplikation vor.

Obwohl einzelne dieser Einwände von anderer Seite widerlegt sind oder ohne Zweifel noch werden, ist es doch kaum mehr fraglich, dass von Seiten des Centralbüreaus der Erdmessung für die Beobachtungen auf den vier internationalen Polhöhenstationen die photographische Methode nicht zur Anwendung kommen wird. Dafür wird die optische Leistung der zu verwendenden visuellen Zenithteleskope erhöht werden. *Hammer.*

Gyroskop-Horizont des Admiral Fleuriais.

Von E. Guyou. *Compt. rend.* ***123.*** *S. 669. 1896* und A. Schwerer. *Ebenda S. 686.*

Das ursprüngliche Modell des von dem französischen Admiral Fleuriais erdachten Gyroskop-Horizontes wies noch solche Mängel auf, dass man die Hoffnung, das Problem der Höhenmessung zur See bei unsichtbarer Kimme mit demselben lösen zu können, doch wieder aufgeben musste. Die Rotationsdauer des Kreisels war zu gering, um mehr als einen Kontakt zu bewerkstelligen, die Achse des Kreisels gerieth beim „in Bewegungsetzen" leicht aus ihrer normalen Lage; endlich waren Spitze und Spitzenlager viel zu zerbrechlich ausgefallen. Admiral Fleuriais hat aber kurz vor seinem Tode durch den Mechaniker Démichel in Paris ein neues Modell des Instrumentes konstruiren lassen, bei welchem der Kreisel in einem luftleeren Raum rotirt, sodass dessen Rotationsdauer auf 2 Minuten erhöht wurde. Démichel hat auch die technischen Details verbessert, sodass nunmehr jede Gefahr einer Exzentrirung der Achse oder eines Bruches derselben und ihres Lagers ausgeschlossen sein soll. Das neue Modell wurde auf zwei französischen Kriegsschiffen während einer Seecampagne von 10 Monaten erprobt und lieferte ausgezeichnete Resultate. Bei den Anforderungen, die man heutigen Tages an den Navigationsoffizier stellt, bei der Nothwendigkeit, auf den schnellfahrenden Dampfschiffen die geographische Schiffsposition öfter auch bei der Nacht mit Sicherheit bestimmen zu müssen, lässt sich voraussetzen, dass nunmehr auch andere Nationen das neue Instrument erproben und, wenn es sich bewährt, einführen werden. Vorläufig dürfte sich jedoch der raschen Verbreitung desselben der enorm hohe Preis (600 Fr. ohne Sextanten) entgegenstellen. *E. G.*

Experimentelle Untersuchung des Assmann'schen Psychrometers.

Von A. Svensson. *Meteorolog. Zeitschr.* ***13.*** *S. 201. 1896*[1]).

Die Untersuchung bezweckte in erster Linie, den Einfluss des Luftdruckes auf die Psychrometer-Konstante zu ermitteln. Zu dem Ende wurde der Zentrifugal-Ventilator vom Psychrometer abgeschraubt und dieses dann in einen Glaszylinder mit zwei oberen und einer unteren Durchbohrung eingesetzt. In die letztere trat durch ein Bleirohr die Luft

[1]) Mit unwesentlichen Kürzungen übersetzt aus *Bih. till K. Svenska Vet.-Akad. Handl.* ***21.*** *Afd. I. No. 5. 1896.*

ein, nachdem sie zuvor einen Hahn zur Regulirung der Geschwindigkeit und ein Wasserbad zur Ausgleichung der Temperatur passirt hatte; durch die oberen Oeffnungen stand der Zylinder mit einem Barometer und mit einer Luftpumpe von Deleuil in Verbindung. Die Luftpumpe, vor welche ein grosser Glasballon zur Ausgleichung des Luftdruckes geschaltet war, wurde in bestimmtem Rhythmus gedreht und so eine recht konstante Ventilation (im Mittel 1,42 *m/sek.*) erhalten; durch zweckmässige Einstellung des Hahnes konnte ferner der Luftdruck beliebig regulirt werden. Von dem Luftzuführungsrohr führte eine seitliche Abzweigung zu einem Sonden'schen Volumhygrometer (beschrieben in *dieser Zeitschr.* **12.** *S. 357. 1892*), das als Kontrol-Instrument für das Aspirations-Psychrometer benutzt wurde.

Die Versuche ergaben folgende Mittelwerthe der Psychrometer-Konstante A bei verschiedenen Luftdrucken H:

$H =$	700	600	500	400	300
$10^{-6} A =$	643,4	644,3	644,2	643,3	651,6.

A ist also wenigstens innerhalb der Grenzen, zwischen welchen die Beobachtungen liegen, von H unabhängig. A ist nach dem Verf. auch unabhängig von der psychrometrischen Differenz bis zu 4° abwärts; wird diese Differenz noch kleiner, so nimmt A rasch zu. Nach relativen Feuchtigkeiten geordnet, ist A bis zu 55% sehr nahe konstant und wächst dann rasch bis zu 0,000976 bei 85%. Als mittleren Werth von A fand Svensson 0,000645, also einen kleineren Werth als Ferrel für das Schleuderpsychrometer (0,000660) und Sprung (0,000662). Verf. glaubt, dies auf das Vergleichs-Instrument zurückführen zu können, da sowohl das Kondensationshygrometer als auch die sog. chemische Methode leicht zu kleine Beträge des Dampfdruckes geben, während das Volumhygrometer eher etwas zu hohe Werthe zeigt. Dem Ref. scheint es wahrscheinlicher, dass der niedrige Werth von Svensson durch die zahlreichen Beobachtungen bei grosser Trockenheit (4/5 derselben bei weniger als 50% relativer Feuchtigkeit) entstanden ist, und dass A auch unter 55% nicht konstant ist, sondern mit abnehmender Feuchtigkeit ebenfalls abnimmt. Die bei den meisten Versuchen geringe Aspirations-Geschwindigkeit (1,4 *m/sek.* der Luftpumpe statt [2,2 bis 2,4] des Zentrifugal-Ventilators am Psychrometer) scheint keinen nennenswerthen Einfluss auf A gehabt zu haben.

Um den Einfluss der Strahlung aufzuheben, wurde bei einigen Versuchen — nach einem Vorschlage von Belli — nicht das Thermometer selbst, sondern der dasselbe zunächst umhüllende Metallzylinder mit befeuchteter Leinwand überzogen. Es sank dann A auf 0,000585 herab.

Messungen, bei denen das feuchte Thermometer beeist war, konnten nur in geringer Zahl ausgeführt werden. A wurde in diesen Fällen nicht unbedeutend geringer (0,000587); jedoch muss erwähnt werden, dass die Versuche durchweg in sehr trockener Luft (unter 34% relativer Feuchtigkeit) angestellt worden sind. *Sg.*

Maschine zur Erzielung niedrigster Temperaturen, zur Gasverflüssigung und zur mechanischen Trennung von Gasgemischen.

Von C. Linde. *Bayer. Ind. u. Gewerbeblatt 1896. S. 378.*

In *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 156. 1896* ist der neue von Prof. Linde in München konstruirte „Gegenstromapparat“ zur Herstellung tiefster Temperaturen nach einer Mittheilung in *Wied. Ann.* kurz skizzirt worden. Die vorliegende Veröffentlichung enthält einige nähere Angaben über den wichtigen Apparat, die es wünschenswerth erscheinen lassen, noch einmal auf ihn zurückzukommen.

Fig. 1 giebt eine schematische Darstellung des Apparates. In dieser Skizze bedeutet C den Kompressor, in welchem das zu verflüssigende Gas — atmosphärische Luft — mit Einführung neuer Luft zum Ersatz von a her von p_2 auf den Druck p_1 komprimirt und von dem aus es nach Passiren des Kühlers R mit der Temperatur t_1 dem Gegenstromapparate zufliesst.

Bekanntlich besteht der Gegenstromapparat im wesentlichen aus zwei ineinanderliegenden, spiralig aufgewundenen Röhren *H*, die nach aussen gut isolirt sind; die komprimirte Luft durchfliesst die innere Schlange in der sie noch weiter auf t_2 abgekühlt wird und strömt bei *r*, ihre eigene Temperatur auf t_3 erniedrigend, in das Sammelgefäss aus. Von hier aus kehrt die Luft durch den ringförmigen Raum zwischen den beiden Schlangen *H* zum Kompressor zurück, indem sie dabei die ihr im inneren Raum entgegenfliessende wärmere Luft annähernd auf ihre eigene Temperatur abkühlt.

Es leuchtet ein, dass auf diese Weise in gegenseitiger Beeinflussung t_2 und t_3 immer weiter sinken müssen, bis in der Wirksamkeit des Apparates durch äussere Einflüsse ein Beharrungszustand eingetreten ist. Dieses Gleichgewicht wird jedoch der Regel nach erst dann zu Stande kommen, wenn, bei dem im Apparate herrschenden Druck, t_3 einen so tiefen Werth erreicht, dass die Verflüssigung der Luft beginnt.

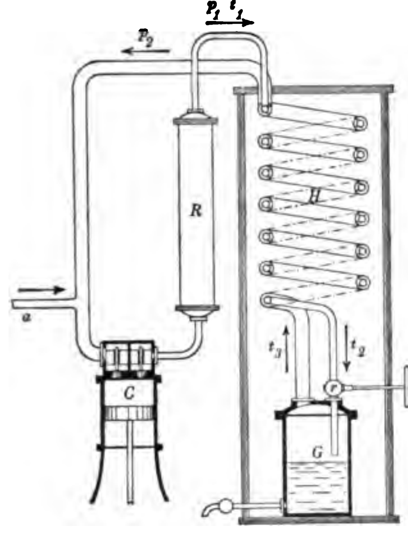


Fig. 1.

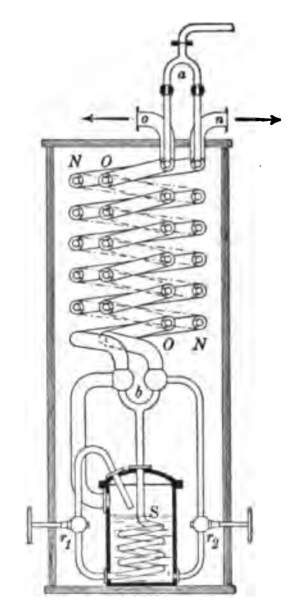


Fig. 2.

Die Zeit, welche von der Ingangsetzung der Maschine bis zum Eintritt des Beharrungszustandes verstreicht, hängt natürlich in erster Linie von den Dimensionen des Gegenstromapparates ab. In einem ersten Falle bestand derselbe aus zwei je 100 *m* langen und 3 bezw. 6 *cm* weiten Röhren und wog im Ganzen 1300 *kg*. Der Beharrungszustand trat hierbei erst nach 15 Stunden ein, alsdann lieferte der Apparat stündlich 3 *l* Flüssigkeit.

Ein zweiter Apparat, bestehend aus zwei Röhren von je 80 *m* Länge und 1,9 bezw. 4,0 *cm* lichter Weite, wog 500 *kg* und erforderte zur maximalen Temperaturerniedrigung 5 Stunden; man konnte dann stündlich 1 *l* Flüssigkeit entnehmen. Endlich konnte bei einem aus Kupferrohr gebildeten Gegenstromapparate von 60 *kg* Gewicht, die Zeit des Temperaturabfalles auf 2 Stunden, ja bei Vorkühlung mittels Kohlensäure auf weniger als 1 Stunde herabgemindert werden.

Auf die der Beschreibung des Gegenstromapparates folgenden theoretischen Erörterungen über den Wirkungsgrad der Maschine soll hier nicht eingegangen werden; dagegen möge noch eine Abänderung des Apparates beschrieben werden, die es ermöglicht, auf mechanischem Wege zwei Gase, etwa Sauerstoff und Stickstoff aus der atmosphärischen Luft, von einander zu trennen, die somit die Gewinnung von Sauerstoff in grossen Mengen gestattet.

Im Prinzip bedient man sich hierbei des Erfahrungssatzes, dass zwei miteinander gemischte Gase sich zwar wesentlich zu gleicher Zeit verflüssigen, dass aber bei der Wiederverdampfung der flüchtigere Bestandtheil zuerst wieder in den gasförmigen Zustand übergeht. Um aber hierauf ein rationelles Verfahren gründen zu können, muss man verlangen, dass die Gase die zu ihrer Verflüssigung aufgewendete Kälte im wesentlichen im Apparat zurücklassen, d. h. den Apparat möglichst als Gase von gewöhnlicher Temperatur verlassen.

Zu diesem Zwecke wird, wie es Fig. 2 schematisch zeigt, die aus dem Kühler kommende komprimirte Luft in zwei Gegenstromapparate *N* und *O* bei *a* verzweigt, deren innere Schlangen sich bei *b* wieder vereinigen, sodass der gesammte Luftstrom zunächst eine Kühlschlange *S* im Sammelgefäss passirt und dann bei r_1 in das Sammelgefäss selbst ausströmt.

Die Wärmezufuhr durch die Kühlschlange *S* veranlasst nun zunächst eine Verdampfung des Stickstoffs aus der Flüssigkeit im Sammelgefäss, der durch den äusseren Mantel

von N aufsteigt und, nachdem er seine Kälte an den im inneren Rohre entgegenkommenden Luftstrom abgegeben hat, bei n die Maschine verlässt. Die durch diesen Vorgang sauerstoffreicher gewordene Flüssigkeit im Sammelgefäss steigt in dem äusseren Mantel von O auf, verdampft hier und verlässt, nachdem auch sie ihre Kälte an die Luft im inneren Rohr abgegeben hat, bei o die Maschine als mehr oder weniger reiner Sauerstoff. In welchem Maasse bei o reiner Sauerstoff abgeschieden wird, hängt von der stärkeren oder schwächeren Drosselung des Ventils r_2 ab, welches das Verhältniss zwischen der im Sammelgefäss befindlichen Flüssigkeitsmenge und der wirksamen Heizfläche der Spirale S regelt.

Die Versuche ergeben die Möglichkeit, 5 *cbm* Luft (von gewöhnlicher Temperatur und Atmosphärendruck) pro Stunde und Pferdestärke in Sauerstoff und Stickstoff zu trennen.

Schl.

Ueber die dauernden Deformationen des Glases und die Verschiebung des Nullpunktes der Thermometer.

Von L. Marchis. *Compt. rend.* ***123.*** *S. 799. 1896.*

Um die Erscheinungen der dauernden Deformation des Glases zu studiren, wählte der Verf. mehrere Thermometer aus einem Krystallglas (*Guilbert Martin*), welche eine hohe Eispunktsverschiebung aufwiesen, und untersuchte bei diesen die Verrückung des Punktes $t = 60°$, wenn das Instrument abwechselnd dieser Temperatur und einer der vier anderen: $T = 185°$, $310°$, $357°$ und $-80°$ ausgesetzt war. Bezeichnet man die abwechselnde Erwärmung zwischen 60° und einer bestimmten dieser vier Temperaturen als eine Versuchsreihe, so stellt er folgende Gesetze auf:

1. Sind $x_1\, x_2\, x_3 \ldots$ die Angaben des Instrumentes bei 60° in den aufeinander folgenden Versuchen einer Reihe, so wachsen diese Werthe $x_1\, x_2\, x_3 \ldots$ stetig derart, dass die Differenzen $(x_2 - x_1)$, $(x_3 - x_2) \ldots$ gegen Null konvergiren. Sie haben als obere Grenze einen Werth $X_1 = \chi_1\, (\theta, t, T)$, wo θ die Zeit bedeutet.

2. Die obere Grenze hat einen um so höheren Werth, je höher die voraufgegangene Temperatur war.

3. Ist einmal die obere Grenze X_1 in einer Reihe (θ, t, T) erreicht, und bringt man dann irgend eine Störung im Zustande des Thermometers hervor, so ergiebt eine neue, analoge Reihe (θ, t, T) einen anderen Werth $X_2 > X_1$.

Eine solche Störung im Zustande des Thermometers geschieht durch eine Erwärmung über T, oder dadurch, dass man das Thermometer längere Zeit auf einer Temperatur zwischen t und T hält, oder durch eine Veränderung des Abkühlungsmodus von T auf t.

4. Die Werthe $X_1\, X_2\, X_3 \ldots$ wachsen gleichfalls kontinuirlich und ebenfalls so, dass die Differenzen $(X_2 - X_1)$, $(X_3 - X_2) \ldots$ sich der Null nähern. Der „Grenzwerth der Grenzwerthe" $X_1\, X_2\, X_3 \ldots$ für eine Reihe (θ, t, T) möge mit X bezeichnet werden.

5. Vergrössert man nach und nach die Dauer des Verweilens des Instrumentes entweder auf der Temperatur t oder T, so befolgen die besonderen Grenzwerthe in jeder solchen Reihe dasselbe Gesetz wie die Grenzwerthe $X_1\, X_2\, X_3 \ldots$ Auch hier existirt ein „Grenzwerth der Grenzwerthe". *Schl.*

Sicherheitshahn für Ballons mit komprimirten oder verflüssigten Gasen.

Von E. Ducretet und L. Lejeune. *Compt. rend.* ***123.*** ***S.*** *810. 1896.*

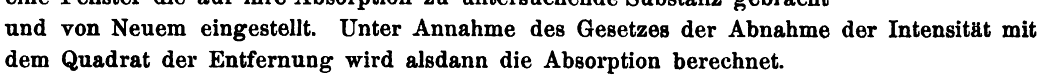
Zur Vermeidung von plötzlichem Austritt grosser Mengen des Gases, wodurch leicht Explosionen herbeigeführt werden können (z. B. bei Acetylen), ist der Ausflusskanal von innen her durch ein mittels Spiralfeder angepresstes Ventil geschlossen. Da dies Ventil nur eine kleine, dem jeweiligen Gebrauche angepasste, dauernd geöffnete Bohrung besitzt, so ist einer zu grossen Gasentnahme ein für alle Male vorgebeugt. Andererseits gestattet das Ventil, wenn es durch eintretendes Gas unter Zusammenpressung der Spiralfeder niedergedrückt wird, ein schnelles Füllen des Ballons. *Schl.*

Durchlässigkeit und Photometrie der X-Strahlen.

Von A. Roiti. *The Electrician* **37.** *S. 670. 1896.*

Roiti hat gewissermaassen die bekannten Versuche von Melloni über Absorption der strahlenden Wärme auf das Gebiet der X-Strahlen übertragen. Als Strahlungsquelle benutzt er eine Doppelröhre von zylindrischer Form. Auf die eben abgeschliffenen Ränder jeder Röhre sind Aluminiumplatten von 2 *mm* Dicke gelegt, die auf beiden Seiten polirt sind und gleichzeitig als Anode dienen. Die beiden Röhren haben eine solche Lage zu einander, dass diese Aluminiumplatten sich parallel gegenüberstehen. Die Kathode besteht aus einem kleinen, am andern Ende des Zylinders eingeschmolzenen Hohlspiegel aus Aluminium, sodass die Aluminiumplatten möglichst gleichmässig von den Kathodenstrahlen getroffen werden.

Zur Vergleichung der Intensität der von den beiden Röhren ausgehenden X-Strahlen dient ein Apparat, der dem bekannten Photometer von Ritchie nachgebildet ist. Auf dem Boden eines viereckigen Kastens (vgl. d. Fig.) steht ein rechtwinkliges Prisma, dessen Flächen mit einer phosphoreszirenden Substanz bedeckt sind. Gegenüber den Prismenflächen sind in die Wände Fenster eingeschnitten, die durch Kartonpapier bedeckt sind; im Uebrigen sind die Wände des Kastens mit Blei ausgekleidet. Dem Prisma gegenüber ist ein Diaphragma angebracht, durch welches man die Kante des Prismas und die beiden Flächen desselben erblickt.



Dieser Apparat wird nun zwischen die beiden Röhren gebracht, oder auch zwischen eine Röhre und eine Glühlampe, deren Strahlen ein Kobaltglas durchsetzt haben. Nachdem durch Variiren der Entfernung auf Gleichheit der Hälften des Gesichtsfeldes eingestellt ist, wird vor das eine Fenster die auf ihre Absorption zu untersuchende Substanz gebracht und von Neuem eingestellt. Unter Annahme des Gesetzes der Abnahme der Intensität mit dem Quadrat der Entfernung wird alsdann die Absorption berechnet.

Es zeigte sich, dass, wie bei Wärmequellen, die Durchlässigkeit für X-Strahlen, die von verschiedenen Röhren herrühren, im Allgemeinen nicht gleich ist. Ist dagegen eine Substanz für die Strahlen einer Röhre besser durchlässig, als für die einer anderen, so scheint dies auch für alle anderen Substanzen der Fall zu sein (im Gegensatz zur Wärmestrahlung). Die Absorptionskoëffizienten selbst nähern sich mit abnehmender Dicke der durchstrahlten Schicht einem konstanten Werth. Alles in allem lassen sich aber absolute Werthe für Absorptionskoëffizienten nicht angeben, ohne dass man die Strahlungsquelle näher definirt und berücksichtigt, durch welche Substanzen die Strahlen vorher gegangen sind. *E. O.*

Ein neuer Unterbrecher für Induktionsspulen.

L'Électricien (2) **12.** *S. 289. 1896.*

Jeder Physiker hat genugsam erfahren, welche Unbequemlichkeiten die Unterbrecher wegen ihres unsicheren Arbeitens bereiten. Bei Benutzung schwacher Ströme hat sich freilich dieser Zustand sehr wesentlich gebessert, seitdem M. Wien (*Wied. Ann.* **42.** *S. 598. 1891*) seinen Saitenunterbrecher konstruirt hat, ein Instrument, das gleichmässig arbeitet und eine Variation der Schwingungszahl ganz nach Wunsch zulässt. Dagegen fehlen diese Eigenschaften allen Unterbrechern für stärkere Ströme. Auch der Unterbrecher von Deprez, der jetzt häufiger benutzt wird, zeigt das berüchtigte Kleben.

Neuerdings ist von Gaiffe ein Unterbrecher beschrieben worden, der die gerügten Mängel in manchen Punkten zu vermeiden scheint. Der Anker ist nicht, wie bei den bisherigen Anordnungen, am Ende einer Feder befestigt, sondern zwischen zwei einander parallelen Federn festgeklemmt, deren Enden beiderseits über das Eisenstück herausragen. Die Enden der Federn sind an zwei Säulen befestigt. Es wird also die Torsionselasti-

zität der beiden Federn benutzt, um den Anker in Schwingungen zu versetzen. Aber auch diese Anordnung versagte schliesslich bei Steigerung der Spannung. Um nun das Kleben des Ankers zu beseitigen, lässt Gaiffe die Unterbrechungsstelle wandern. Er befestigt nämlich die Schraube, die bei den gewöhnlichen Unterbrechern der schwingenden Feder fest gegenüberzustehen pflegt, in einer Muffe, die in ein grosses Rad fest eingeschraubt ist. Dieses Rad wird durch einen Elektromotor langsam gedreht, der seinen Strom aus einer Abzweigung des primären Stromkreises erhält. Dem Motor sind Induktionsspulen mit Eisenkernen vorgeschaltet, um zu verhindern, dass die Extraströme diesen Stromkreis passiren. Auf diese Weise wandert die Unterbrechungsstelle fortwährend, sodass die Vorrichtung auch bei weiterer Steigerung der Spannung sicher arbeitet. *E. O.*

Präzisions-Bodendruckapparat.

Von H. Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 117. 1896.*

Das eiserne Gestell *G* trägt den Metallring *M*, auf den die Gefässe *C*, C_1 und C_2 aufgesetzt werden, und in den unten ein Glaszylinder von 36 *mm* lichter Weite eingekittet ist. In den Umfang des Ebonitkolbens *K*, der in dem Zylinder leicht verschiebbar ist, ist eine Nuthe eingedreht, die nach dem Vorgang von Steflitschek mit 20 *g* Quecksilber



gefüllt wird, um den Kolben abzudichten. An dem Kolben sitzt unten der Stahlstift *t*, der durch die Führung *f* gesteckt ist. Die Mitte des Stifts ruht in einer Pfanne des U-förmigen Gehänges, das mittels Schneiden an den Zeiger *Z* gehängt ist. Die Pfannen für die Schneiden des Zeigers sind an dem Gestell *G* angeschraubt. Das verschiebbare Scheibengewicht *q* dient zum Justiren. Die weithin sichtbare Skale *S* giebt den auf den Kolben ausgeübten Druck in Dekagramm an. Das mit einem Hahn versehene Seitenrohr *m* mündet in ein hohles Messingklötzchen, auf das das Glasrohr *W* aufgeschraubt ist. Die Zentimeterskale giebt die Höhe des Wasserspiegels über dem gesenkten Ebonitkolben an. An dem Metallring *M* sitzt noch ein zweites Rohr, das durch den Schlauch *n* mit dem Füllgefäss *F* verbunden ist. Das Ansatzrohr des Gefässes *F*, über das der Schlauch geschoben ist, trägt einen Hahn; das aufgesetzte Rohr *o* verhindert das Ausspritzen des Wassers, das mit Fluoreszein gefärbt ist. In der neueren Ausführung ist das Füllgefäss aus Glas und mit pneumatischem Knopfverschluss versehen. Der Apparat zeigt selbstthätig die Druckhöhe und den Bodendruck an. Statt des ebenen Ebonitkolbens *K* können auch solche mit erhabener und hohler Bodenfläche (K_1 und K_2) eingesetzt werden. Der Mechaniker J. Antusch zu Reichenberg (Deutschböhmen) fertigt den Apparat für 74 M. an. *H.H.-M.*

Das Kymographion nach Professor Hürthle.

Von Eug. Albrecht, Universitäts-Mechanikus in Tübingen.

In *dieser Zeitschr.* ***16.*** *S. 332. 1896* berichtet Herr Dr. S. S. Epstein „Ueber ein neues Kymographion", ohne das nach Angabe des Herrn Professor Hürthle von mir ausgeführte Instrument zu erwähnen, welches in *Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiol.* ***47.*** *1890* beschrieben und abgebildet ist. Da es für manchen Leser von Interesse sein dürfte, die Einrichtung beider Instrumente vergleichen zu können, möge hier die Abbildung des Kymographions nach Hürthle reproduzirt werden.

Wie man sieht, ist auch der letztere Apparat auf einem eichenen Tisch montirt und der zu beschreibende Papierstreifen wird um zwei Trommeln gelegt, deren eine (nicht mit dem Uhrwerk verbundene) auf einer T-Schiene verschiebbar ist. Bei dem Kymographion des Herrn Dr. Epstein ist verzichtet:



1. auf Hebung und Senkung des Papierstreifens, welche an meinem Kymographion durch Hebung der die T-Schiene tragenden Spindel ermöglicht wird; dies ist von grossem Vortheil, da hierdurch die Ausnützung der ganzen Papierhöhe ermöglicht wird, ohne dass die Registrirapparate und das Versuchsobjekt aus ihrer Lage gebracht werden;

2. auf Drehung der Schiene um die Achse der Spindel; dies ermöglicht, während eines Versuches an den Apparaten zu hantiren, ohne dieselben abzunehmen, da die Papierfläche von den Registrirapparaten entfernt werden kann;

3. auf das Umlegen der T-Schiene und der Trommeln, wodurch das Schreiben auf horizontal laufendem Papier ausführbar wird.

Dagegen hat Herr Dr. Epstein die T-Schiene zur Vertikalstellung am vorderen Ende eingerichtet, um das Berussen und Fixiren des auf den Trommeln befindlichen Papieres vornehmen zu können. Zu diesem Zwecke müssen natürlich die am Kymographion befindlichen Registrirapparate und das Versuchsobjekt entfernt werden, wodurch das Aufziehen und Berussen eines zweiten Papierstreifens während eines Versuches sehr erschwert wird. Am Kymographion nach Prof. Hürthle könnte das Berussen auch sehr leicht „selbstthätig"

bei umgelegten Trommeln ohne Entfernung der Registrirapparate besorgt werden, doch empfiehlt es sich weit mehr, einestheils zur Schonung der Trommeln, anderntheils, um das Kymographion für beliebige Zeit mit berusstem Papier zu versorgen, die Berussung auf einem Hülfsgestell vorzunehmen, welches jedem Kymographion beigegeben ist; der Wechsel des Papiers nimmt nicht mehr als eine halbe Minute in Anspruch und kann ohne Lagenänderung der Registrirapparate ausgeführt werden.

Das Gestell zur Berussung und Fixirung des Papiers besteht gleichfalls aus zwei Rollen, von welchen die eine auf einer Schiene verschiebbar, die andere fest ist und durch eine Kurbel mit der Hand gedreht wird; diese letztere Trommel ist aus starkem Zinkblech gefertigt und allseitig geschlossen; ihr Hohlraum kann durch eine verschliessbare Oeffnung mit Eisstückchen oder kaltem Wasser gefüllt werden, wodurch das Papier vor allzustarker Erhitzung geschützt und die Berussung beschleunigt wird.

Was endlich die erzielbare Geschwindigkeit betrifft, so lässt sich diese von 0,5 bis 350 *mm* pro Sekunde variiren; wird besonders grosse Geschwindigkeit gewünscht, so liefere ich ein anderes Uhrwerk, bei welchem sich die Geschwindigkeit von 1 auf 150 *cm* pro Sekunde steigern lässt.

Erwiderung auf die vorstehende Mittheilung.

Von Dr. S. S. Epstein in Charlottenburg.

Auf den Artikel des Herrn Albrecht habe ich zu erwidern, dass mir das Hürthle'sche Kymographion thatsächlich nicht bekannt war; es ist weder in Langendorff's „Physiologischer Graphik" angeführt, noch war es in der mit dem letzten Physiologen-Kongress verbundenen Ausstellung physiologischer Apparate zu finden.

Im Einzelnen habe ich Folgendes zu bemerken:

Die Hebung und Senkung des Papierstreifens ist für unsere Zwecke völlig irrelevant, da wir ein Universalstativ von Zimmermann benutzen, welches eine minutiös genaue Hebung und Senkung der Schreibvorrichtung erlaubt.

Das Entfernen des Papierstreifens von der Registrirvorrichtung bedarf keiner eigenen Vorrichtung; ich kann dies durch Hebung der ganzen T-Schiene besorgen. Ebenso habe ich das vertikale Umlegen der Schiene dem horizontalen vorgezogen, da letzteres wohl ein Berussen, nicht aber *Fixiren* des Streifens ermöglicht. Unrichtig ist es auch, dass ich beim Berussen die Registririnstrumente bezw. Versuchsobjekte entfernen muss.

Herr Albrecht wird mir auch verzeihen, wenn ich mich seiner Behauptung gegenüber, er sei mit einem *Feder*-Uhrwerk im Stande, eine *gleichmässige* Geschwindigkeit von 350 *mm* oder gar 150 *cm* pro Sekunde zu erzielen, etwas skeptisch verhalte. Es widerspricht dies allen von mir gesammelten Erfahrungen.

Ueber das Stangenplanimeter, insbesondere ein Stangenplanimeter mit Rolle.

Von Landmesser J. Hamann. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 643. 1896.*

Das Prytz'sche Instrument nimmt dauernd das Interesse immer weiterer Kreise in Anspruch. Die angezeigte Arbeit giebt eine hübsche einfache geometrische Theorie, sodann die Ergebnisse einer Anzahl von Versuchsmessungen mit einem 200 *mm* langen Stangenplanimeter mit Rolle (nach der Einrichtung von Chr. Hamann, vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 184. 1896*). Diese Ergebnisse sind sehr günstig: an 6 polygonal begrenzten Flächen von 9, 16, 23, 38, 56, 88 *qcm* findet der Verf. m. F. von $\pm$ 0,07, 0,11, 0,13, 0,12, 0,16 und 0,18 *qcm* oder in Prozenten der Fläche von $\pm$ 0,7, 0,6, 0,6, 0,3, 0,3 und 0,2 % (diese Zahlen würden sich gut ausdrücken lassen durch die Formel: prozentischer Fehler der Fläche $= \frac{2}{\sqrt{F}}$ oder $\frac{2,5}{\sqrt{F}}$ (F in *qcm*); der Verf. leitet eine solche Formel nicht ab und sie wäre in der That selbstverständlich nicht ohne weiteres über den Umfang der Versuche hinaus auszudehnen; zu einem ersten Ueberblick genügt auch die Angabe 0,7 bis 0,3 % m. F. für Flächen zwischen 10 und 100 *qcm*). Dabei ist allerdings (für die zwei letzten Polygone allein in Betracht kommend) der durch die

Theorie geforderte Zuschlag an der Entfernung der End-Schneidenstellungen bereits gemacht. Zu bemerken ist auch noch, dass wenn die Flächenbestimmung auf Figuren beschränkt wird, deren Dimensionen im Vergleich zur Länge des Stangenplanimeters klein sind, der Inhalt der „Restfigur“ bei richtiger Wahl der Anfangsstellung des Instruments genügend *geschätzt* werden kann, sodass man mit *einer* Umfahrung ausreicht, die zweite Umfahrung in entgegengesetztem Sinne somit ersparen kann (vgl. den Aufsatz des Ref. in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 90. 1895*).

Zu der Einführung des Rades mit scharfem Rand am Stangenplanimeter statt der einfachen Beilschneide bei Prytz, die gleichzeitig von verschiedenen Seiten vorgeschlagen worden ist (E. Scott, Chr. Hamann u. s. f., vgl. mein Referat in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 183. 1895*) und zu andern Abänderungen des ursprünglichen Instruments ist bei dieser Gelegenheit auch noch anzuführen, dass sich eine eingehendere Mittheilung von Scott mit Abbildung in *Engineering* **62.** *S. 205. 1896* findet; dass sich ein Anonymus *ebenda* **62.** *S. 308. 1896* über Scott geradezu lustig macht (*„Inventors, like love, surely must be blind“*; in der That ist der Ausspruch Scott's, sein Instrument sei *„as accurate as, if not more so than, the Amsler“*, missverständlich bis unverständlich und die Vorrichtung zu sehr scharfer Messung des Abstandes der End-Rollenstellungen mindestens überflüssig, weil im Widerspruch mit der an sich durch das Instrument erreichbaren Genauigkeit); und schliesslich, dass Prytz selbst in zwei Briefen an *Engineering* (*ebenda* **62.** *S. 347. 1896*) sich überhaupt gegen die Einrichtungen und Behauptungen von Scott und Goodman wendet. Im ersten Briefe werden die Celluloïdplatte, die bei Scott den Fahrstift ersetzt, beanstandet, ebenso die Ableseeinrichtung Scott's (beide zweifellos mit Recht; dabei wird mitgetheilt, dass Knudsen, bekanntlich der Verfertiger des Original-Stangenplanimeters, an einer bessern Ablesevorrichtung arbeite); ob Prytz auch mit Recht das Rad an Stelle der Schneide unbedingt verurtheilt, möchte Referent bezweifeln. Dass im zweiten Brief Prytz den Namen „Goodman's Planimeter“ zurückweist, ist in der Ordnung (vgl. mein Referat in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 309. 1896*); mehr zu empfehlen als die Anwendung von Goodman's *„improved“* Planimeter sei es, sich vom nächsten Grobschmied ein Exemplar des ursprünglichen Prytz'schen Instruments herstellen zu lassen!

Hammer.

Ein neuer Messlatten-Reduktor.

Von E. Hammer. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 665. 1896.*

Bericht über Versuchsmessungen mit einem von H. Krayl konstruirten Apparat zur Ablesung der Reduktion schiefer Messlattenlagen auf den Horizont. Ref. findet diesen Apparat, für den er den oben genannten Namen vorgeschlagen hat, sehr empfehlenswerth.

Hammer.

Das Sanguet'sche Tachymeter.

Von M. Petzoldt. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 144. 1896.*

Kurze Mittheilung über das *Tachymètre autoréducteur* von Sanguet, das die Reduktion tachymetrisch gemessener Distanzen auf die Horizontale selbstthätig besorgt. In Beziehung auf die Genauigkeit wird nur die von Sanguet selbst herrührende Zahl ± 6 *cm* auf 100 *m* angegeben, sodass der Verf. keine eigenen Versuche mit dem Instrument angestellt zu haben scheint.

Hammer.

Die Genauigkeit der Pointirung bei Längenmaassvergleichungen.

Von Dr. H. Stadthagen. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 168. 1896.*

Die persönliche Gleichung bei Längenmaassvergleichungen.

Von demselben. *Ebenda. S. 103.*

Die in der ersten Mittheilung besprochenen Messungen sind mit 25-fach vergrössernden Mikroskopen gemacht, wobei die Mikrometer die Ablesung von 0,1 μ gestatteten. Aus unmittelbar nach einander gemachten Doppeleinstellungen findet der Verf. trotz der Verschiedenheit der Striche auf den 3 benutzten Stäben (1, 2, 3 sind aus Bronze, Stahl, Messing, bei 1 sind die eingesetzten Pflöcke, die die Theilstriche tragen, aus Platin-Iridium, bei 2 aus

Platin, bei 3 aus Silber) im Ganzen eine merkwürdige Uebereinstimmung des mittleren Einstellungsfehlers; er besitzt nämlich bei allen Stäben und bei beiden Beobachtern (Stadthagen und Pensky) den sehr kleinen Werth von $\pm$ 0,3 μ. In der zweiten Mittheilung wird eine ziemlich konstant bleibende *persönliche Gleichung* zwischen den beiden oben genannten Beobachtern bei den Längenmaassvergleichungen im Betrage von rund 1 μ nachgewiesen.

Ueber den Gegenstand beider Mittheilungen vergl. auch *Wissensch. Abh. der Kais. Normalaichungs-Kommission. 1. Heft. S. 49. 1895.* Berlin, J. Springer. *Hammer.*

Auftrage-Apparat.

Von Oberlandmesser Seyfert. *Zeitschr. f. Vermess. 25. S. 147. 1896.*

Ein Koordinatograph (D.R.G.M. 42114), an dem neu ist die Verwendung eines Messkeils mit dem Anzug 1 : 10 zum genauen Abtragen der Ordinaten. Das Instrument ist bemerkenswerth, leider der Preis ziemlich hoch (75 M.; Ott in Kempten). *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

W. Valentiner, Handwörterbuch d. Astronomie. (Aus: „Encyklopädie d. Naturwissenschaften".) 1. Bd. gr. 8°. XIV, 839 S. m. 241 Abbildgn. u. 3 Taf. Breslau, E. Trewendt. 24,00 M.; geb. in Halbfrz. 26,40 M.

S. S. Epstein, Hermann v. Helmholtz als Mensch und Gelehrter. (Aus: „Deutsche Revue".) 8°. 92 S. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt. 1,00 M.

Kalender f. Elektrochemiker u. technische Chemiker u. Physiker f. d. J. 1897. Hrsg. von Dr. A. Neuburger. Mit 1 Beilage. 12°. XXX, 682 und 320 S. mit Fig. Berlin, Fischer's technol. Verlag. Geb. u. geh. 5,00 M.

O. J. Lodge, Neueste Anschauungen über Elektrizität. Uebers. von Anna v. Helmholtz u. Estelle du Bois-Reymond. Hrsg. durch R. Wachsmuth. 8°. XV, 539 S. m. Fig. Leipzig. J. A. Barth. 10,00 M.; geb. in Leinw. 11,00 M.

E. Breslauer, Die Mess-Instrumente d. Technikers. Ihre prakt. u. wissenschaftl. Grundlage. (Sep.-Ausg. v. „Der Maschinenbau".) gr. 8°. VII, 220 S. m. 229 Abbildgn. Leipzig, J. J. Arnd. 3,00 M.

G. R. Putnam, *Relative Determin. of Gravity with half-second Pendulum and other Pendulum investig.* —

G. K. Gilbert, *Report on a geological examination of some Coast and Geodetic Survey Gravity Stations.* — 4°. 51 S. m. 1 Karte und 7 Fig. Washington (*Rep. U. S. Coast and Geod. Surv.*) 1895. 4,00 M.

H. Wild, Theodolit für magnetische Landesaufnahmen. gr. 8°. 25 S. m. 6 Holzschn. Zürich, Festschr. Naturf. Ges. 1896. 1,80 M.

Arbeiten, astronomisch-geodätische. Veröffentlichung d. königl. bayer. Kommission f. d. internat. Erdmessung. 1. Heft. gr. 4°. München, G. Franz' Verl.

1. Polhöhen- u. Azimutbestimmungen auf der Station Altenburg b. Bamberg. 2. Bestimm. d. Längendifferenz zwischen den Sternwarten München und Bamberg auf telegraphischem Wege. V, 136 S. 7,00 M.

H. v. Helmholtz, Handb. d. physiolog. Optik. 2. Aufl. Mit 254 Abbildgn. im Text u. 8. Taf. 13.—17. Lfg. 8°. XIX u. S. 961—1334. Hamburg, L. Voss. 15,00 M. Kplt. 51,00 M.; geb. 54,00 M.

R. Ehlert, Horizontalpendelbeobachtungen im Meridian zu Strassburg i. E. Von April bis Winter 1895. gr. 8°. 85 S. m. 26 Holzschn. Leipzig, Beitr. Geophys. 1896. 4,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **Februar 1897.** Zweites Heft.

Die neuen Phototheodoliten von Prof. Koppe
aus der Werkstätte für Präzisionsmechanik von O. Günther in Braunschweig.

Von
P. Kahle.

1. Kurzer Ueberblick über den allgemeinen Gang photogrammetrischer Arbeiten, zunächst bei topographischen Aufnahmen.

In Fig. 1 ist *M N* der aufzunehmende Geländestreifen, z. B. eine unzugängliche Felswand. Zur kartographischen Wiedergabe von Situation und Oberflächengestaltung des Gebietes ist die gegenseitige Lage einer grösseren Anzahl von Punkten in demselben zu bestimmen. Die Geodäsie bewirkt dies bei unzugänglichen (oder auch zu entfernten) Objekten durch Vorwärtseinschneiden, indem sie auf den Endpunkten S_1 und S_2 einer Grundlinie[1]) g_1 die Winkel α zwischen den Richtungen nach beiderseits sichtbaren Wandpunkten *P* und der Grundlinie mit Theodolit oder sonstigen Winkelinstrumenten bestimmt oder Grundlinie und Richtungen auf dem Messtisch

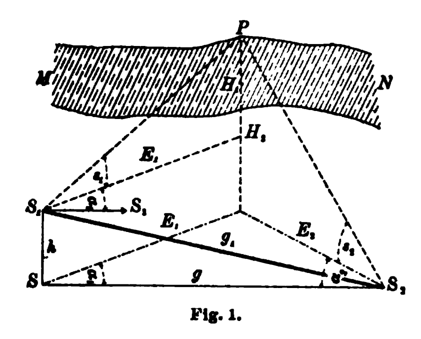


Fig. 1.

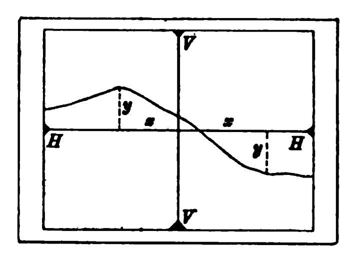


Fig. 2.

aufzeichnet, in beiden Fällen unter gleichzeitiger Ablesung des Vertikalkreises, die Entfernungen der Punkte von den Standorten nach dem Sinussatz berechnet oder auf dem Messtisch aus der Länge der Strahlen bis zum Schnitt abgreift, und die Höhe aus Entfernung und Vertikalwinkel berechnet. Ein weiteres Verfahren giebt die Photogrammetrie an die Hand. Hierbei wird derselbe Theil des Aufnahmegebietes auf den Endpunkten einer Basis photographirt und die Horizontalwinkel δ zwischen der optischen Achse und der Basis auf beiden Stationen unmittelbar oder mittelbar bestimmt. Nachdem in die erhaltenen Bilder — unter Anlehnung an Marken (*VVHH*, Fig. 2), welche am Plattenauflager der Kamera angesetzt sind und sich auf der Platte mit abbilden — der Schnitt der Vertikalebene durch die optische Achse der Kamera, die „Hauptvertikale" *VV* als *Y*-Achse, und, letztere im Schnittpunkt

[1]) welche durch direkte Messung oder als Seite eines Dreiecksnetzes gegeben sein kann.

von Kamera-Achse und Platte rechtwinklig schneidend, die „Haupthorizontale" *HH* als *X*-Achse eingetragen, lassen sich aus den Horizontalabständen x (Fig. 3) der Bildpunkte von der *Y*-Achse in Verbindung mit der Bildweite *D* die Horizontalwinkel ξ zwischen Richtung von Bildpunkt und Kamera-Achse, und aus den Vertikalabständen y von der *X*-Achse in Verbindung mit Winkel ξ und der Bildweite *D* die Höhenwinkel ε ableiten, und zwar, *senkrechte Plattenstellung* vorausgesetzt, nach den Formeln $tg\,\xi = x : D$ und $tg\,\varepsilon = y \cos\xi : D$. Aus der Verknüpfung von δ und ξ erhält man die Horizontalwinkel α_1 und α_2 zwischen Richtung der Bildpunkte und der Basis, worauf sich die Entfernungen *E* der natürlichen Punkte in Bezug auf die beiden Standorte wieder durch Anwendung des Sinussatzes ($E_1 = g \sin\alpha_2 : \sin(\alpha_1 + \alpha_2)$ und $E_2 = g \sin\alpha_1 : \sin(\alpha_1 + \alpha_2)$) ableiten lassen. Diese Aufgabe wird meist graphisch gelöst:

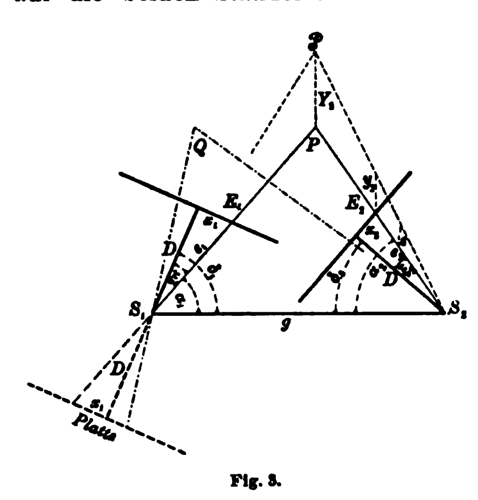


Fig. 3.

Man zeichnet mittels g, *D* und δ die Lage der Horizontalprojektionen der beiden Platten zur Basis auf (Fig. 3), trägt auf ihnen die x im gleichen Maassstab wie *D* ab, legt durch die Endpunkte der korrespondirenden x und die Standorte Gerade, deren Schnittpunkt dem zu bestimmenden Punkt entspricht.

Die Höhenunterschiede *Y* des fraglichen Punktes gegen das Kameraobjektiv auf beiden Standorten ergeben sich aus $Y = Ey : e = E\,tg\,\varepsilon$, die Meereshöhe durch Verknüpfung von *Y* und der Meereshöhe des Kameraobjektivs.

Der Winkel δ zwischen Kamera-Achse und Grundlinie kann entweder unmittelbar gemessen werden, wobei mit der Kamera ein Fernrohr so verbunden ist, dass die optischen Achsen beider parallel sind; wird der Horizontalkreis bei Einstellung des Fernrohrs auf den zweiten Standort und später bei der Aufnahmestellung der Kamera abgelesen, so giebt die Differenz beider Ablesungen den Winkel δ[1]); oder man bestimmt diesen mittelbar aus einer Reihe direkt mit Theodolit oder Messtisch aufgenommener Winkel α und ε für Punkte, welche im Bild hinreichend scharf hervortreten, und leitet aus den Horizontalabständen s der Bildpunkte von dem einen Seitenrand oder von der muthmaasslichen (durch Verbindung der oberen und unteren Randmarke erhaltenen) Hauptvertikale rechnerisch oder graphisch die Lage der optischen Achse der Kamera und der wirklichen Hauptvertikalen ab, desgleichen aus den Vertikalwinkeln ε die thatsächliche Lage der Haupthorizontalen; zugleich erhält man einen praktischen Werth der Bildweite *D*, für welchen sonst ein anderweit bestimmter Werth einzuführen sein würde.

2. Aufnahmen mit geneigter Kamera.

Alles Vorstehende bezieht sich auf (die meist angewandte) senkrechte Plattenstellung, also waagrechte Lage der Kamera-Achse. Da die Genauigkeit der Punktbestimmung von der Mitte des Gesichtsfeldes nach dem Rande hin abnimmt, so wird für Striche des Aufnahmegebietes, welche nach dem seitlichen Bildrande zu liegen kommen würden, die Hinzunahme neuer Standorte erforderlich; zur Aufnahme von Gebietsstreifen, welche beträchtlich über oder unter dem normalen Gesichtsfeld der

[1]) abgesehen von dem Einfluss etwaiger Exzentrizität des Fernrohrs.

Kamera auf dem betreffenden Standort liegen, kann bekanntlich das Objektiv bis zu einem gewissen Betrage in vertikaler Richtung verschoben werden; die Genauigkeit wird hierdurch weiterhin beeinträchtigt. In solchen Fällen kann die Aufnahme mit *geneigter* Kamera zweckmässiger erscheinen. Sie setzt eine Vorrichtung zum Messen der Neigung der optischen Achse voraus, ferner wird sorgfältige Einhaltung der Lage der Hauptvertikalen innerhalb der vertikalen Ebene durch die optische Achse, bezw. der Lage der Haupthorizontalen innerhalb einer waagrechten Ebene erforderlich. Hierzu tritt ein erheblicher Mehraufwand an Zeit für Ableitung der Winkel δ, ξ, α und ε bezw. für Reduktion der aus dem Bild abgegriffenen x' y', auf die entsprechenden Längen x und y bei senkrechter Plattenstellung.

Der ältere Koppe'sche Phototheodolit (s. „Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst" von Prof. Dr. Koppe. Weimar 1889) verband Theodolit (für die direkte Einmessung von Punkten und Orientirung der Photographie) und Kamera in *einem* Instrument und gestattete, der Kamera eine beliebige Neigung unter Einhaltung der oben angegebenen Bedingung für die Lage der Marken zu geben und die Neigung scharf zu messen. Es liessen sich also von einem Standort aus Aufnahmen des zu bearbeitenden Gebietes unter beliebigen Neigungen der Kamera vornehmen und so die einzelnen Theile desselben an die günstigste Stelle des Gesichtsfeldes bringen. Dagegen blieb der Mehraufwand an rechnerischer Arbeit zwecks Projektion der durch Abmessungen in den Platten erhaltenen x und y, bezw. α und ε, nicht erspart[1]).

3. Die neuen Phototheodoliten von Prof. Koppe.

Diese setzen nun an Stelle der Ableitung der Horizontal- und Vertikal-Winkel aus den abgemessenen x und y unmittelbar die Messung jener Winkel in der Platte oder einem Diapositiv derselben vermittels eines auf das Kameraobjektiv gerichteten Hülfsfernrohrs, nachdem der Kamera die Neigung gegeben worden, welche sie bei der Aufnahme innehatte. Hiermit fällt ein grosser Theil der Berechnungen fort, überdies wird die Winkelmessung, sobald es sich um gut gekennzeichnete Objekte handelt, nahezu ebenso scharf, wie bei der direkten Messung im Felde, und schärfer, als bei der sonst üblichen unter 1. beschriebenen Ableitung der Winkel aus den abgemessenen x und y. Die Figuren 5 und 8 zeigen zwei Typen: Fig. 5, *Phototheodolit I* für geodätische und astronomische Arbeiten, Kamera bei der Plattenausmessung fest, Kamerafernrohr in horizontalem und vertikalem Sinne drehbar; bis zu Neigungen von etwa 40° verwendbar; Fig. 8, *Phototheodolit II* für Wolkenmessungen, Kamera bei der Plattenausmessung beweglich, Kamerafernrohr nur in vertikalem Sinne verschiebbar; Neigung der Kamera-Achse beliebig.

4. Vorbereitung der Platten zur Ausmessung.

Die Ausmessung kann in der Platte selbst vorgenommen werden, besser in einem oder mehreren Diapositiven derselben, da hier die Lichterscheinungen den wirklichen entsprechen und die Platte geschont bleibt.

Nach Einreissen der Haupt-Horizontalen *HH* und -Vertikalen *VV* in die Platten sind in diesen die Punkte aufzusuchen und einzustechen, welche im Felde mit dem Theodoliten für die spätere Orientirung eingemessen wurden, und entsprechend zu numeriren (zweckmässig mit rother Tusche); sodann alle diejenigen Punkte, welche auf den Bildern beider Standorte hinreichend identifizirt werden können, unter fortschrei-

[1]) Vgl. hierzu die Beispiele in Prof. Koppe's „Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung". Braunschweig 1896. *S. 67 f.*

tender Numerirung mit Ziffern oder Buchstaben (zweckmässig mit blauer Tusche). Zu diesen Operationen benutzt man als Plattenunterlage eine Art Kopirrahmen, z. B. einen zur Seite gekippten Holzkasten, in welchem durch zwei Seitenschrauben ein drehbarer Beleuchtungsspiegel befestigt ist, während auf der oberen, theilweise ausgesägten Seite eine Glasscheibe eingesetzt ist, als Unterlage für die beiden zu vergleichenden Platten. Alle Operationen werden unter Zuhülfenahme der Lupe ausgeführt.

5. Phototheodolit I.

Die Fig. 4 und 5 zeigen noch das Originalinstrument, bei dem ältere, ausrangirte geodätische Apparate verwendet werden mussten; die neuhergestellten besitzen leichteren Bau und bequemere Einrichtung.

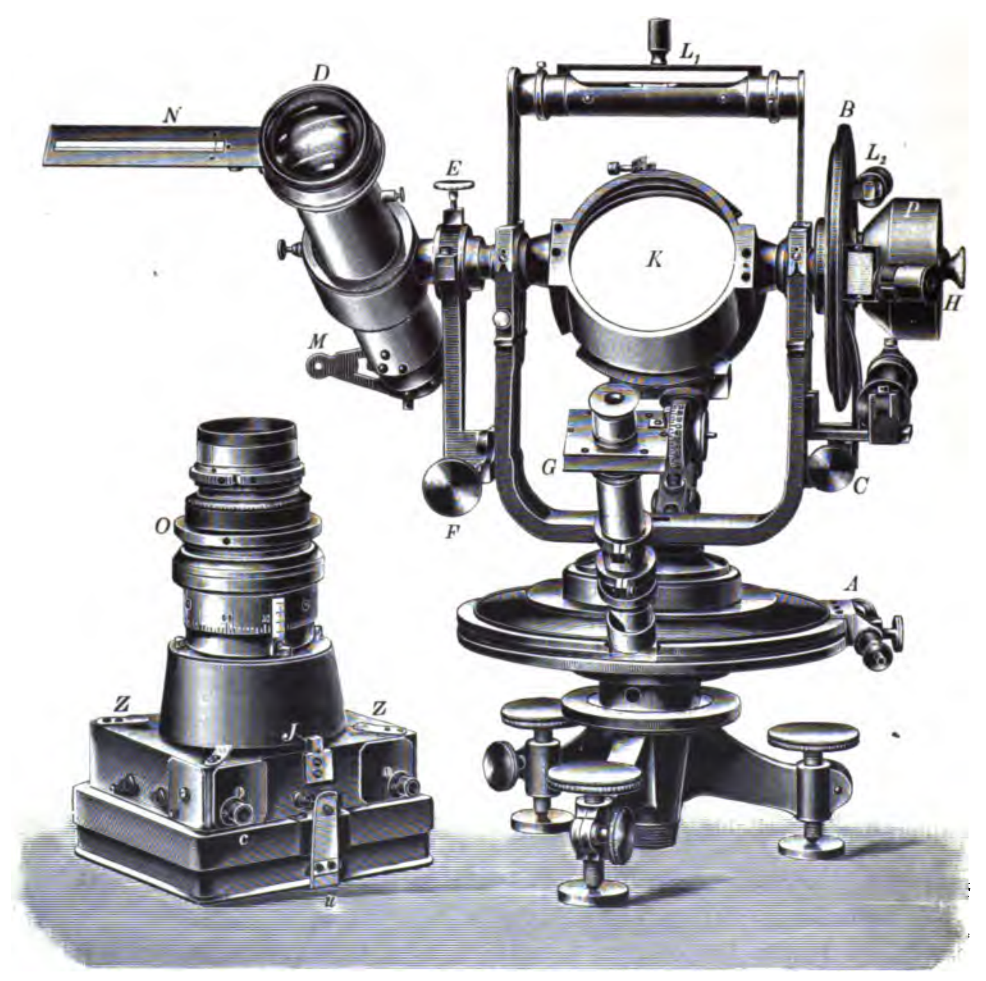


Fig. 4.

a) *Phototheodolit I als Theodolit* für die Messung von Orientirungswinkeln im Felde (Fig. 4; links die Kamera zum Einsetzen fertig). *A* Klemmschraube für den Horizontalkreis und Feinbewegung in horizontaler Richtung für das Fernrohr *D*; *E* Klemmschraube des Vertikalkreises; *F* Feinbewegung in vertikaler Richtung für das Fernrohr; *M* und *N* Diopter, welche bei astronomischen Beobachtungen zur Verwendung gelangen (s. u. 9); *G* Mikroskop zur Ablesung am Horizontalkreis, bei den neueren Instrumenten durch Lupen und Nonien ersetzt; *P* Gegengewicht für das Fernrohr.

Vorgang der Messung: Sorgfältige Skizze des Aufnahmegebietes unter Hervorhebung der einzumessenden Punkte, Numerirung derselben; es sind hierzu möglichst solche Punkte auszuwählen, welche voraussichtlich auf der zweiten Station gleichfalls sichtbar sind; die Skizze fällt fort, wenn man bereits Kopien der vorangegangenen Aufnahme zur Hand hat, in welche die einzumessenden Punkte sogleich eingestochen werden.

Nach Horizontirung des Instrumentes mittels der Reiterlibelle L_1 stellt man nach einander den zweiten Basispunkt und die einzumessenden Punkte ein und liest Horizontal- und Vertikalkreis ab, letzteren, nachdem die Libelle L_2 mittels der Schraube bei C zum Einspielen gebracht ist. Hierauf Fernrohr durchgeschlagen und Beobachtungen in umgekehrter Reihenfolge wiederholt[1]).

b) *Phototheodolit I als photographischer Apparat.* 1. Einsetzen der Platte in die Kamera und der Kamera in den Theodoliten: Der Instrumentenkasten dient zugleich als Dunkelkammer zum Wechseln der Platten im Felde, wozu er nach Entnahme der Instrumententheile hinreichend Raum bietet. Man legt das Etui mit den Platten in den Kasten zur rechten Hand, sodass die Schichtseite der Platten nach unten liegt, die Kamera zur linken und verschliesst den Kasten. Hierauf zieht man die in den beiden Thüren des Kastens befindlichen lichtdichten Aermel nach aussen und über die Hände, fasst durch die Löcher in den Kasten und bewerkstelligt hier den Plattenwechsel und die Bergung der belichteten Platte, was nach vorheriger Einübung an unbrauchbaren Platten nicht schwerfällt. Fig. 6 zeigt die Kamera ohne Platte; nach Einsetzen derselben wird ein Metalldeckel lichtdicht aufgesetzt und mit dem Scharnier u (Fig. 4) befestigt. Nunmehr schliesst man das Plattenetui, geht aus den Löchern und Aermeln zurück und entnimmt dem Kasten die Kamera, um sie in den Konus K einzuschieben, bis die 4 Federn Z und der Anschlag J entsprechende Ausschnitte eines Ringes passirt haben und nunmehr in einer Nuthe sich zur Seite drehen lassen. Hiermit ist die Kamera am Theodolit stabil befestigt.

2. Vorgang bei der Aufnahme: Instrument mittels Libelle L_1 horizontirt. Fernrohr (und damit auch die optische Achse der Kamera) auf einen Punkt in der Mitte des Gesichtsfeldes gerichtet, festgeklemmt und beide Kreise abgelesen, den Vertikalkreis bei einspielender Libelle L_2. Exposition. Plattenwechsel im Instrumentenkasten. Kamera eingesetzt und mit Fernrohr durchgeschlagen. Einstellung des Fernrohrs auf den gleichen Punkt wie vorher. Ablesung beider Kreise. Zweite Exposition.

c) *Phototheodolit I bei Ausmessung der Platten*, Fig. 5, s. d. Folg.

6. Die photogrammetrische Verarbeitung der Platten mit Phototheodolit I. (Fig. 5 und 6.)

a) *Einrichtung zur Ausmessung.* Bei Ausmessung der Platte wird die gemeinsame Drehachse für Kamera und Fernrohr nebst Höhenkreis ausgehoben und an ihre Stelle

[1]) Der Vertikalkreis ist nach Zenithdistanzen beziffert. Ist in der einen Fernrohrlage $\zeta_1 = 50^0\ 30{,}5'$, in der zweiten $\zeta_2 = 309^0\ 28{,}2'$ abgelesen worden, so ergiebt sich die wahre Zenithdistanz ζ entweder aus

$$\zeta = {}^1/_2\,(\zeta_1 - \zeta_2) \qquad \begin{array}{r} 50^0\ 30{,}5' \\ -\,309\ \ 28{,}2 \\ \hline 101\ \ \ 2{,}3 \quad :2 \\ \zeta = 50^0\ 31{,}1'; \end{array}$$

oder aus

$$\zeta = {}^1/_2\,(\zeta_1 + 360 - \zeta_2) \qquad \begin{array}{r} 50^0\ 30{,}5' \\ 50\ \ 31{,}8 \\ \hline \text{Mittel}\ 50^0\ 31{,}1'. \end{array}$$

Neigung der Zielachse $\eta = 90 - \zeta = 39^0\ 28{,}9'$.

die Achse des Hülfsfernrohres *r* (nebst besonderem Höhenkreis) gebracht, mit welchem die Plattenpunkte einzustellen sind. Die Kamera erhält durch einen besonderen, am Unterbau des Theodoliten angeschraubten Träger *t* mit Konus wieder diejenige Stellung, die sie bei der Aufnahme hatte. Die horizontale Drehachse des Hülfsfernrohrs ist zwischen den Lagern gabelförmig gebogen (*W* in Fig. 6); auf diese Weise lässt sich das Zentrum der Kreise, welche Objektiv und Okular des Fernrohrs beim Auf- und Abkippen und bei der Drehung des Horizontalkreises beschreiben, in den vorderen

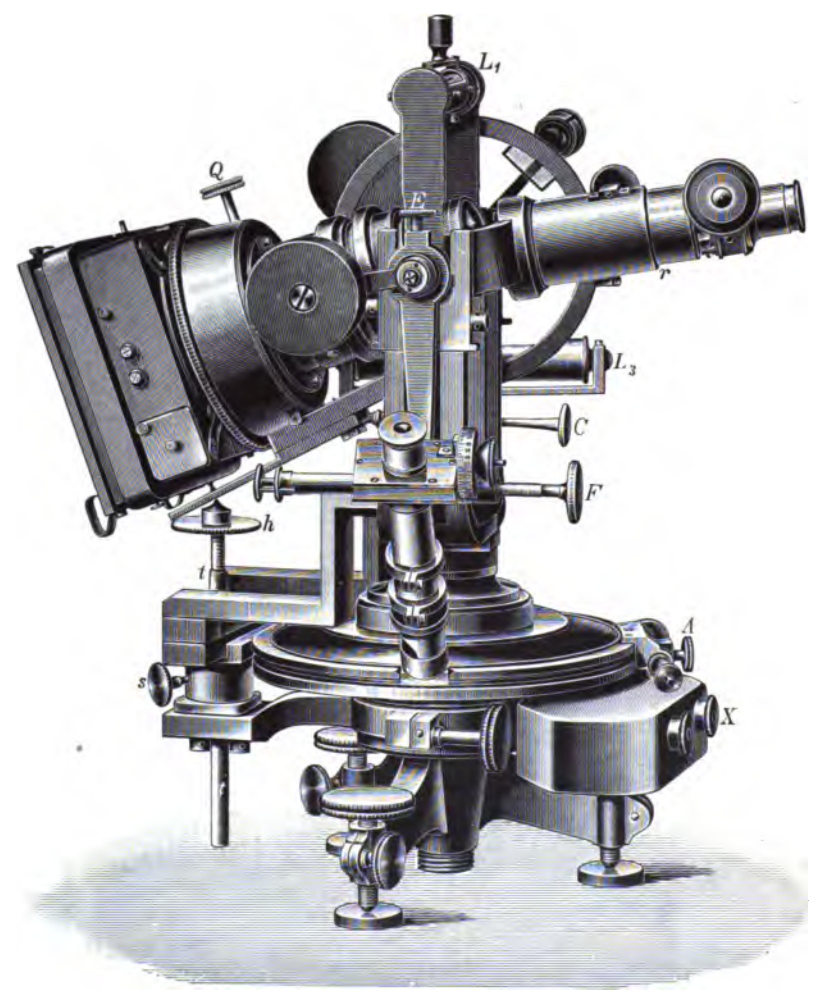


Fig. 5.

Hauptpunkt des Kameraobjektivs und in den Schnittpunkt von Horizontal- und Vertikaldrehachse des Theodoliten bringen. Der Hülfsträger *T* (Fig. 6) für die Kamera, welcher bei den neu hergestellten Instrumenten eine einfachere Form besitzt, zeigt zwei verstellbare Achslager *aa* für die Achse des Metallstreifens, welcher den Konus *K* zur Aufnahme der Kamera *S* bei der Ausmessung trägt und das Herabsenken der Kamera bis zur Aufnahme-Neigung vermittelt. Das Senken und Festhalten in einer bestimmten Lage geschieht mittels des Stabes *tt*, welcher durch die Schraube *s* festgeklemmt wird; zur feineren Einstellung dient die Hutschraube *h*. Nach Einsetzen des Diapositives in die Kamera, wobei das Bild der einen, durch besondere Form gekennzeichneten Randmarke auf diese zu bringen ist, wird der Rahmen *P* (Fig. 6)

auf den Kamerarand aufgeschoben und mittels der Schrauben *σσσ* befestigt, die Federn *ff* am Rahmen drücken die Platte gegen diesen und verhindern ein Verschieben derselben. Man bringt nun durch Drehen der Platte die Bilder der Marken mit diesen scharf zur Deckung[1]), schiebt die Kamera in den Konus ein, und befestigt sie wie bei der Aufnahme mittels der Federn *Z*. Hierauf wird das Kamerafernrohr in die Neigung ζ (Mittel aus beiden Fernrohrlagen bei der Aufnahme) gebracht, auf die Hauptvertikale gedreht und die Kamera mit Hülfe des Stabes *t* bis zur Deckung des Kreuzpunktes von Haupt-Horizontale und -Vertikale durch das Fadenkreuz geneigt; die optischen Achsen von Fernrohr und Kamera fallen nunmehr zusammen, d. h. die Platte besitzt die gleiche Neigung wie bei der Aufnahme. Man kontrolirt, ob beim Kippen des Fernrohrs das Fadenkreuz auf der Hauptvertikalen bleibt, verbessert andernfalls die Stellung der Platte durch Drehen der Kamera um ihre optische Achse.

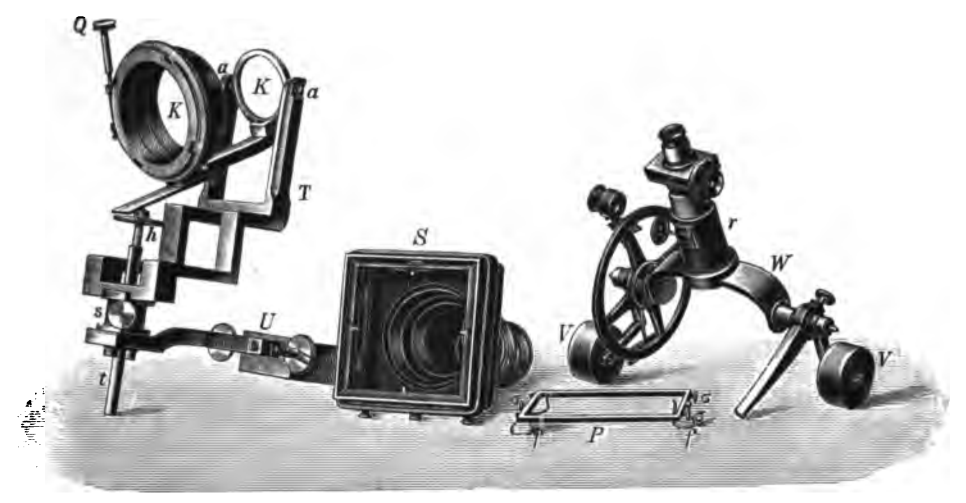


Fig. 6.

Ein vor dem Kameraobjektiv befindliches Auge erblickt jetzt die Gegenstände im Diapositiv unter denselben Winkeln bezw. Grössenverhältnissen wie auf dem Standort, auf welchem die Platte aufgenommen wurde. Ist nun der Drehpunkt der optischen Achse des Kamerafernrohrs in den vorderen Hauptpunkt des Kameraobjektivs verlegt, und dieser in den Kreuzpunkt der Horizontal- und Vertikaldrehachse der Theodoliteinrichtung für die Ausmessung, befindet sich weiterhin das Bild genau in der Brennebene des Kameraobjektives, so kann man mit Hülfe des Kamerafernrohrs die zur topographischen Aufnahme erforderlichen Winkel *in der Platte messen*, so wie es sonst im Feld mit Theodolit geschieht. Es wird also eine geodätische Operation, welche andernfalls einen längeren Aufenthalt an Ort und Stelle und andauernd günstige Witterung voraussetzen würde, fast ganz in das Zimmer verlegt und damit eine beliebig weit getriebene Detaillirung der Ausmessung ermöglicht, ohne dass der Rechenaufwand ein grösserer wird als die trigonometrische Behandlung der Aufgabe erfordern würde.

---

[1]) Entweder man hält die Kamera mit der Linken vor das Auge, verschiebt, durch das Objektiv hineinblickend, mit der Rechten mittels eines zwischen Platte und Kamerarand gezwängten Schraubenziehers oder breiten Messers die Platte, oder man hält die Kamera mit der Plattenseite vor das Auge und gegen das Licht und bringt die Marken durch Verschieben der Platte mit den Daumen zur Deckung.

Die Erfüllung der obengenannten konstruktiven Bedingungen für die Plattenausmessung mittels Kamerafernrohrs wird von der Hand des Mechanikers besorgt. Weiteres hierüber, insbesondere hinsichtlich der minimalen Einwirkung etwaiger kleiner Abweichungen davon, findet sich in „Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung“ *S. 14 bis 18*. Ueber die Justirung des Phototheodolithen vgl: Koppe, „Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst.“ Weimar 1889. *S. 33 f.* und das obengenannte Werk dess. *S. 21 f.*

b) *Die Orientirung der auszumessenden Platte.* Nachdem, wie unter a) angegeben, die Bilder der Marken mit diesen zur Koïnzidenz gebracht, die Kamera eingesetzt, die beiden optischen Achsen kollimirt und die Hauptvertikale VV in die Kippebene des Kamerafernrohrs gebracht ist, wird die schärfere Einrückung der Haupt-Vertikalen bezw. -Horizontalen bewirkt durch Nachmessen der Vertikalwinkel für die im Felde gemessenen Punkte und der zwischen ihnen liegenden Horizontalwinkel. Um einen Punkt der Platte einzustellen, löst man die Klemmschraube des Horizontalkreises bei A (Fig. 5) und die Klemmschraube E des Vertikalkreises, bringt das Fadenkreuz möglichst zur Deckung mit dem Punkt, arretirt beide Schrauben und bewirkt die scharfe Einstellung mittels der Feinbewegungen bei A und F.

Tabelle I.
Beispiel einer Plattenorientirung (und Ausmessung) mit Phototheodolit I.
(Bearbeitung von Aufnahmen für die Jungfraubahn.)
Station IV; Platte 13; Zenithdistanz 75° 0'.

1 Punkt	2 Vertikalkreis	3 Horizontalkreis	4 Bemerkungen	5 Im Felde gem. Höhenwinkel In der Platte gem. Höhenwinkel	6 v	7 Basiswinkel α, im Felde gemessen. Mittel der Ablesungen bei der Ausmessung. Orientirungskonstante ω	8 Δ
			A. Orientirungsmessungen.				
8	38° 48,2'	24° 41' 47"		38° 47,9'		61° 30' 6"	
(roth)	48,5	42 4		— 38 48,3	— 0,4'	— 24 42 14	
	48,2	42 38				36 47 52	— 40"
	48,2	42 27					
26	31 36,8	24 7 13		31 36,8	+ 0,8	60 53 12	
(roth)	35,5	26		— 31 36,0		— 24 7 24	
	35,5	25				36 45 48	+1' 24"
	36,2	32					
28	30 36,5	31 52 52		30 36,7		68 40 40	
(roth)	36,2	53 20		— 30 36,3	+ 0,4	— 31 53 3	
	36,5	52 58				36 47 37	— 25"
	36,0	53 1					
18	26 31,5	21 51 2		26 31,4		58 38 45	
(roth)	31,8	23		— 26 31,5	— 0,1	— 21 51 15	
	31,8	18				36 47 30	— 18"
	31,0	17			V = + 0,2'	Ω =	
						+ 36 47 12	
			B. Ausmessung der Platte.				
79	22 33,2	17 33 58		22 33,5		54 21 25	
(blau)	33,5	34 28					
80	26 5,5	22 46 0		26 5,4		59 33 18	
(blau)	5,0	13					
81	—	—					
u. s. w.	—	—					

Erläuterungen zum oberen Theil A der Tabelle I:

Spalte 2 und 3: Die erste und zweite Beobachtung für jeden Punkt ist zu Anfang und Ende der Reihe B, die dritte und vierte Beobachtung zu Anfang und Ende der Wiederholung von Reihe B (in umgekehrter Reihenfolge der Punkte) erhalten.

Spalte 4: Bemerkungen über Zeit; Bestimmtheit der Punkte, ungünstige Beschaffenheit des Stiches; ob Schneezunge (veränderlich), Felszacke, Absturzrand (Identifizirungsfehlern ausgesetzt) etc.

Spalte 5 und 6: Der aus der im Felde gemessenen Zenithdistanz abgeleitete Höhenwinkel vermindert um das Mittel der Beobachtungen in Spalte 2 giebt die Verbesserung v der Plattenmessung. Das Mittel aus allen v giebt eine Verbesserung V, welche an allen Beobachtungen in vorliegender Platte anzubringen ist, um den wahrscheinlichsten Werth des Höhenwinkels zu erhalten. Zeigt sich ein gewisser Gang in den Abweichungen, z. B. derart, dass die v auf der einen Seite der Hauptvertikalen positiv, auf der andern negativ ausfallen, so würde dies Verhalten auf geneigte Lage der Haupthorizontalen hindeuten und die Kamera (mittels der Schraube Q in Fig. 5) ein wenig um ihre optische Achse zu drehen sein. Zeigen sich grosse v und diese gleiches Vorzeichen, so würde die Kamera um einen mittleren Betrag (abgeschätzt in Stichdurchmessern zu etwa 2′) mit der Hutschraube h zu heben oder zu senken sein. Nach diesen Verbesserungen hinsichtlich der Stellung der Platte und Kamera erneut man die Beobachtungen für Reihe A. Die Abweichungen v entspringen einerseits regelmässig wirkenden Fehlerursachen, wie Indexfehlern des Vertikalkreises, zu tiefer oder zu hoher Stellung der Platte infolge zerstörter Justirung; andrerseits wirken unregelmässige Fehlerursachen mit, wie: Fehler beim Identifiziren der Punkte auf Feldskizze und Diapositiv, beim Einstechen, Einstellen und Ablesen; Abschmelzen von Schneezungen.

Spalte 7: Der im Felde gemessene Horizontalwinkel α, vermindert um die Beobachtung in der Platte, liefert einen Orientirungswerth ω; das Mittel aus allen ω giebt die Orientirungskonstante Ω, welche zu den Beobachtungen der Reihe B addirt, den Winkel α der Richtung des fraglichen Punktes mit der Basis liefert. Im vorliegenden Falle wachsen die Winkel der Orientirungspunkte P gegen die vom Standort nach links gehende Anschlussrichtung in gleicher Richtung wie die Ablesungen bei Ausmessung der Platte, von links nach rechts; es entsteht also eine konstante Orientirungs-*Differenz*. Liegt die Anschlussrichtung rechts der einzumessenden Punkte, so hat man Feldwinkel und Plattenbeobachtung zu *addiren*.

Spalte 8: giebt in den Abweichungen der einzelnen ω vom Mittelwerth einen Ueberblick über die Genauigkeit der Plattenorientirung. Im vorliegenden Fall bleibt hinsichtlich Orientirung der Platte in horizontaler Richtung muthmaasslich eine Unsicherheit von $\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{(n-1)\,n}} = 0{,}4'$ bestehen, welche sich auf 0,1′ vermindert, wenn man den anscheinend mit einem grösseren Identifizirungsfehler behafteten Punkt 26 fortlässt. — Als Fehlerursachen mögen ausser den oben genannten auch Verziehungen der Gelatineschicht beim Fixiren und Wässern der Platten mitwirken.

c) *Die Messung der Winkel für die weiteren Bildpunkte blau 1—n* (*Ausmessung der Platte*). In Tabelle I sind unter B nur zwei Punkte aufgeführt. Bei den Plattenausmessungen für die Aufnahmen an der Eigerwand (Jungfraubahn) wurden zwischen die Orientirungsbeobachtungen zu Anfang und Ende gewöhnlich 20 bis 25 Punkte eingeschlossen und diese in umgekehrter Reihenfolge nochmals beobachtet[1]). Das Aufsuchen der Punkte bei der Wiederholung wird beschleunigt, wenn man am Horizon-

[1]) Nach erfolgter Einübung brauchte Verfasser zu einem solchen Beobachtungsgang einschliesslich der Orientirungsbeobachtungen 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden, wobei jedoch die verworfenen Orientirungsmessungen (vgl. Erläut. zu Spalte 5) nicht eingerechnet sind.

talkreis vorerst die bei der erstmaligen Beobachtung erhaltene Ablesung roh einstellt. Die Mittelwerthe der Beobachtungen bildet man im Kopfe, durch Hinzufügung von V und Ω ergeben sich die definitiven Werthe in Spalte 5 und 7. Weiteres über die Verwendung und Resultate folgt unter 9.

7. Phototheodolit II.

Fig. 7 und 8 zeigen Form und Einrichtung von Instrumenten, welche beim Kgl. Meteorologischen Observatorium zu Potsdam, auf der meteorologischen Station zu Manila u. a. O. in Gebrauch sind.

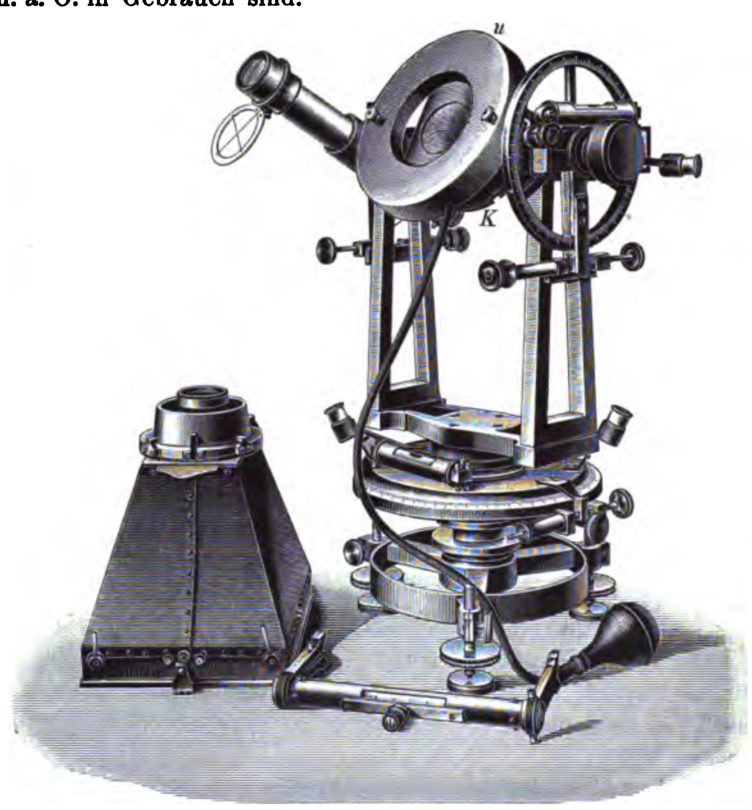


Fig. 7.

a) *Phototheodolit II als Theodolit* (Fig. 7). Ueber Einrichtung und Vorgang der Messung vgl. die Auseinandersetzungen zu 5a (Fig. 4); Ablesung mit Nonien und Lupe. Der Metallring *u* bildet das Gegengewicht für die Kamera bei der Aufnahme. Für die Messung denke man sich das Gegengewicht abgeschraubt.

b) *Phototheodolit II als photographischer Apparat.* Der Transportkasten, gleich dem des Phototheodoliten I eingerichtet, wird zugleich als Dunkelkammer zum Plattenwechsel benutzt. Nach Einsetzen der Platte wird die Kamera in den Konus *K* eingeschoben und in gleicher Weise wie bei Phototheodolit I mit Hülfe der 4 Federn im Konus befestigt. Fig. 7 zeigt einen pneumatischen Lichtverschluss. Vorgang bei der Aufnahme (analog 5b): Einstellung des Fernrohres; festgeklemmt; Ablesung an beiden Kreisen; Belichtung; Plattenwechsel; Kamera eingesetzt und durchgeschlagen; Einstellen und Festklemmen des Fernrohres; Ablesung; Belichtung.

Um mit diesem Apparat, welcher, wie schon erwähnt, mehr Forschungen in Bezug auf die Physik der Atmosphäre dienen soll, gleichzeitig auch die Geschwindigkeit der meist bewegten Objekte messen zu können, sind im Innern der Kamera

vor der Platte zwei Klappen angebracht, welche, durch aussen befindliche Handgriffe drehbar, ermöglichen, bei einer Aufstellung und auf einer Platte zwei verschiedene Aufnahmen desselben Himmelsstriches in kurz auf einander folgenden Zwischenräumen (von im Minimum 20 Sek.) zu machen. Es wird vorerst ein für allemal (z. B. bei eingesetzter Mattscheibe oder rechnerisch) festgestellt, wie gross der Unterschied der Kameraneigungen sein muss, wenn das Bild bei Anwendung der Klappen auf den oberen oder unteren Theil fallen soll. Bei der Aufnahme richtet man die Kamera zuerst so, dass das Wolkenbild auf den unbedeckten Theil der Platte fallen wird, exponirt, verdeckt den belichteten Plattentheil, giebt der Kamera die Neigung zum Auffangen des Bildes auf dem zweiten Streifen und belichtet nochmals. Bei rasch ziehenden Wolken kann man auch zwei Aufnahmen auf derselben Platte ohne Verdeckung durch Klappen machen, wobei auf dem Bild eine Parallelverschiebung der Kontur sich zeigt, deren markanteste Punkte eine photogrammetrische Bestimmung der Geschwindigkeit ermöglichen werden.

c) *Phototheodolit II bei Ausmessung der Platten* (Fig. 8 s. d. Folg.).

8. Die Verarbeitung der Platten mit Phototheodolit II. (Fig. 8).

a) Hinsichtlich *Theorie der Ausmessung* vgl. 6a. Der Unterschied der vorliegenden Konstruktion gegen die von Phototheodolit I besteht in der Winkelbestimmung. Bei beiden Typen wird die Richtung des aus der Kamera austretenden Hauptstrahles eines Bildpunktes fixirt durch die optische Achse des Kamerafernrohres. Während jedoch dort die Kamera feststand und die Winkel durch Ablesung der Drehungen des Kamerafernrohres in horizontaler und vertikaler Richtung mit Hülfe der mit ihm verbundenen Alhidaden auf den beiden Kreisen sich feststellen liessen, bleibt hier das Kamerafernrohr nach Fixirung des Strahles fest, die Winkelmessung geschieht durch Ablesung der Bewegung der dreh- und kippbaren Kamera mittels der mit dieser verbundenen Alhidaden, und zwar handelt es sich bei den Horizontalwinkeln vorerst um Feststellung der Winkel der Bildpunkte gegen die Hauptvertikale. Das Kamerafernrohr ist auf einem Bügel *b* verschiebbar, dessen Mittelpunkt wieder in den vorderen Hauptpunkt des Kameraobjektivs und in den Kreuzpunkt der Horizontal- und Vertikaldrehachse des Theodoliten fällt. Der Bügel sitzt auf einem Träger *T*, welcher unterhalb des Horizontalkreises mit dem Dreifuss fest verschraubt ist. Klemmschraube und Feinbewegung für die Kamera nebst Theodolitfernrohr befinden sich in der Fig. 8 rechts, Feinbewegung zur Einstellung der Libelle am Vertikalkreis links der Kamera; die schärfere Einstellung des Kamerafernrohres in der Vertikalen wird durch Verschieben des Fadenkreuzes mittels der Schraube φ bewirkt.

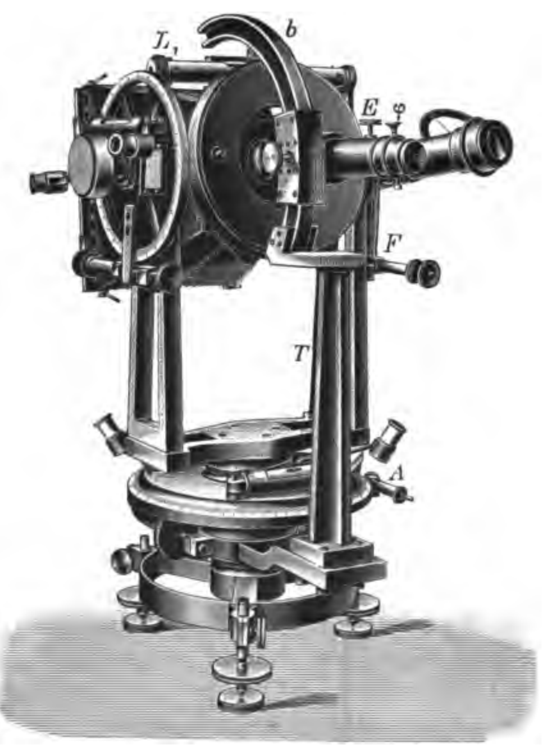


Fig. 8.

Nach Einsetzen des Diapositives in die Kamera und Einrücken derselben bis zur Deckung der Randmarken, wie oben unter 6a beschrieben, wird die Kamera wieder in den gleichen Konus wie bei der Aufnahme eingeschoben. Es fällt also bei dieser Konstruktion die zweite Horizontalachse mit besonderem Vertikalkreis fort. Diesem Vortheil steht allerdings die etwas umständlichere Art und Weise der Winkelmessung gegenüber. Nach Horizontirung des Apparates mit Hülfe der Reiterlibelle L_1 wird die Kamera in die Aufnahme-Neigung ζ gebracht. Um einen Plattenpunkt einzustellen, löst man die Klemmschraube des Horizontalkreises, dreht die Alhidade mit der Kamera und verschiebt das Kamerafernrohr auf dem Bügel, bis das Fadenkreuz desselben ($\times$) den Plattenpunkt annähernd deckt. Nach Festklemmen von Alhidade und Kamerafernrohr schärfere Einstellung durch die Feinbewegungen. Kontrole der Neigung ζ am Vertikalkreis, Ablesung a_1 am Horizontalkreis. Klemmschraube desselben gelöst, Alhidade mit Kamera gedreht, bis die Hauptvertikale im Fadenkreuz erscheint; Klemmschraube E des Vertikalkreises gelöst, Kamera freihändig gehoben oder gesenkt, bis die Haupthorizontale das Fadenkreuz schneidet; Kamera festgeklemmt. Nachdem die schärfere Einstellung des Kreuzpunktes von Haupt-Vertikale und Horizontale unter das Fadenkreuz des Kamerafernrohres mittels der Feinschrauben bei A und F (Federbüchse der Feinschraube) bewirkt ist, fallen die optischen Achsen von Fernrohr und Kamera zusammen, d. h. die optische Achse der letzteren hat Richtung und Neigung des fixirten Strahles; Ablesung der Zenithdistanz ζ und der Richtung a_2. Die Differenz $a_2—a_1$ giebt den Horizontalwinkel zwischen Richtung nach dem Bildpunkt und der optischen Achse der Kamera.

b) *Orientirung der Platte.* Die schärfere Orientirung wird wiederum herbeigeführt durch Nachmessung der im Felde gemessenen Winkel. Vgl. die Tabelle II a. f. S.

c) *Ableitung der Winkel für die weiteren Plattenpunkte.* Nachdem diese in gleicher Weise wie die Orientirungspunkte doppelt beobachtet, erhält man in Spalte 6 die definitiven Zenithdistanzen durch Hinzufügung der Verbesserung V, in Spalte 9 die Winkel α derselben gegen die Basis durch Abzug der Winkel ξ in Spalte 8 vom Mittelwerth der δ.

Der Zeitaufwand ist wegen Einstellung und Ablesung für Bildpunkt und Kreuzpunkt nahezu doppelt so gross wie bei der Ausmessung mit Phototheodolit I.

9. Ueber die Verwendung der beiden Phototheodoliten.

Phototheodolit I wurde vornehmlich bei den Voraufnahmen für die Jungfraubahn im Sommer 1895 verwendet, wobei es sich zunächst um Herstellung eines Lage- und Schichtenplanes der Eigerwand handelte, welche sich mit etwa 70° mittlerer Neigung südlich der kleinen Scheidegg auf ca. 3 *km* hin erstreckt. Die photographischen Aufnahmen erfolgten auf Stationen, welche als Dreieckspunkte des Spezialnetzes für die Vorarbeiten durch Triangulation auf einige Zentimeter genau gegeneinander festgelegt waren. Die Längen der hierdurch gegebenen Grundlinien schwankten zwischen 400 und 1200 *m*, die Entfernungen der photogrammetrisch bestimmten Wandpunkte von den Standorten zwischen 1,5 und 4 *km*. Die Verarbeitung der photogrammetrisch durch Messung in der Platte erhaltenen Horizontalwinkel (vgl. Tabelle I als Beispiel) zur Ableitung der Entfernungen und der rechtwinkligen Koordinaten der Wandpunkte geschah theils mit Hülfe des Sinussatzes (Vorwärtseinschneiden) und den bei Koordinatenrechnungen üblichen Formeln, theils nach dem in „Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung“ *S. 11* näher erläuterten Verfahren, bei welchem die in den Platten gemessenen Winkel unter Zugrundelegung einer beliebigen Bildweite

Tabelle II.
Schema für die Orientirung (und Ausmessung) einer Platte mit Phototheodolit II.
Station IV; Platte 15; $\zeta = 50^0$.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punkt	Vertikalkreis (Zenithdistanzen)	Horizontalkreis	Mittel	Bemerkungen	Zenithdist. im Felde gemessen / Zenithdist. in der Platte gem.	v	Basiswinkel α, im Felde gemessen. / Winkel gegen die Hauptvert. in d. Platte gem.	Basiswinkel, in der Platte gemessen	Δ
				A. Orientirungsmessungen.					
2	50° 0,0′	75° 30,0′	30,1′		53° 38,1′		44° 16,9′	52° 41,8′	+0,2′
(roth)		30,2			53 37,5	+ 0,6′	+ 8 24,9		
	53 37,0	83 54,5	55,0						
	38,0	55,5							
4	50 0,0	74 50,0	59,6		60 43,4		43 45,4	52 41,7	+0,3
(roth)		75 0,2			60 41,5	+ 1,9	+ 8 56,3		
	60 41,0	83 55,5	55,9						
	42,0	56,3							
6	50 0,0	87 4,5	5,0		48 9,3		55 52,5	52 42,7	−0,7
(roth)		5,5			48 7,5	+ 1,8	− 3 98		
	48 8,0	83 55,0	55,2						
	7,0	55,5							
11	50 0,0	88 24,0	24,8		62 18,8		57 0,9	52 41,7	+0,3
(roth)		25,5			62 18,0	+ 0,8	− 4 19,2		
	62 19,0	83 55,2	55,6			+ 5,1 : 4		52° 42,0	
	17,0	56,0				$V = +1,3'$			
				B. Ausmessung der Platte.					
148	50 0,0	72 36,0	36,6		60 46,9		+ 11° 19,3	41 22,7	
(blau)		37,2							
	60 46,0	83 55,5	55,9						
	45,2	56,3							
210a	50 0,0	98 41,8	42,5		53 21,8		− 14 47,5	67 29,5	
(blau)		43,2							
	53 20,0	83 54,5	55,0						
	21,0	55,5							

Erläuterungen zu Tabelle II.

Spalte 2 und 3, zu Punkt 2 roth: Die Ablesungen in der 1. und 2. Zeile sind bei Einstellung des Punktes 2 zu Anfang und Ende der Reihe B erhalten; die Ablesungen in der 3. und 4. Zeile bei Einstellung auf den Kreuzpunkt der Platte zu Anfang und Ende der Reihe B. Da in Spalte 3 die Ablesungen von 75° auf 83° steigen, so liegt die Hauptvertikale rechts von Punkt 2 (dagegen links von Punkt 6).

Spalte 4: Mittel der Minuten in Spalte 3 (die Mittel für Spalte 2 bildet man im Kopfe).

Spalte 5: Bemerkungen über Zeit, Lage der Punkte, Angaben über Stich, Bestimmtheit etc.

Spalte 6 und 7: Die im Felde gemessene Zenithdistanz ζ, vermindert um das Mittel der Zeile 3 und 4 in Spalte 2, giebt die Verbesserung v der Plattenmessung. Vgl. hierzu die Erläuterung zu Tabelle I für Spalte 5.

Spalte 8: zu oberst der im Felde gemessene Winkel α, darunter der in der Platte gemessene Winkel ξ zwischen Punkt und Hauptvertikale; diesen für Punkt 2 zu α addirt, für Punkt 6 von α abgezogen, giebt die Werthe der

Spalte 9: für den Winkel δ zwischen optischer Achse der Kamera und der Basis.

Spalte 10: Abweichung der einzelnen δ gegen das Mittel zur Beurtheilung der Zuverlässigkeit der Orientirnng.

($D = 100$ *mm*) in Bild-Koordinaten x und y umgesetzt wurden, welche linearen Abmessungen bei vertikaler Plattenstellung entsprachen, wie man sie erhalten haben würde, wenn sämmtliche Stationen auf einer dem mittleren Verlauf der Eigerwand parallelen Geraden gelegen hätten und die Plattenebenen parallel der gemeinsamen Basisrichtung gewesen wären; aus den x und y in Verbindung mit der Bildweite D und der Basislänge wurden die Koordinaten der Wandpunkte: $A =$ Abstand von der Basis, $X =$ Abstand von der Normalen durch einen bestimmten Basispunkt und $H =$ Höhe über der Basis, durch Proportionale abgeleitet, und zwar geschah die ganze Berechnung mittels der Rechenmaschine. Bei einer Reihe von Wandpunkten, welche hierbei mehrfach (z. Th. von vier Standorten aus) bestimmt waren, mit einem Abstand von der Grundlinie bis zu 3,5 *km*, wurde die Lage auf etwa $1^1/_2$ *m*, die Höhe auf $^3/_4$ *m* genau erhalten. Die Abweichungen zwischen photogrammetrischer und trigonometrischer Bestimmung bei den Orientirungspunkten schwanken zwischen 0 und 2 *m*. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass natürlichen, nicht durch Stäbe etc. markirten Zielpunkten immer eine gewisse Unbestimmtheit anhaftet, welche beispielsweise bei Felszacken den Betrag von Minuten bezw. Metern erreichen kann und die Schärfe der Wiedererkennung auf dem zweiten Standort, weiterhin auf den Platten beider Standorte beeinträchtigt[1]). Hierzu tritt die Unsicherheit der Einstellung bei Plattenpunkten, deren Stich durch irgend einen Unfall nicht kreisförmige, sondern unregelmässige Form erhielt; der mittlere Durchmesser wohlgelungener Stiche mag 2 bis 3 Minuten, die Unsicherheit der Einstellung bei solchen etwa $^1/_5$ Minute betragen, während sie bei unregelmässigen Stichen auf das Doppelte und Dreifache anwachsen kann. Die bei den Aufnahmen für die Jungfraubahn erreichten Resultate entsprechen hinsichtlich Genauigkeit annähernd trigonometrischen Messungen durch fortgesetztes Vorwärtseinschneiden im Felde mit besseren Theodoliten; die Genauigkeit wird sich noch erheblich steigern lassen, wenn bei Aufnahme (*und* Ausmessung) Teleobjektive verwendet werden können. Wie Vorversuche mit Teleobjektiven von 80 *cm* Brennweite bereits dargethan haben, lassen sich photogrammetrische Aufnahmen dieser Art in die Klasse geodätischer Präzisionsmessungen einreihen.

Weiterhin wurde Phototheodolit I für astronomisch-geographische Aufnahmen verwendet. Prof. Koppe giebt *a. a. O.* ein Beispiel einer photogrammetrischen Bestimmung der geographischen Länge mittels Mond-Distanzen, bei welcher die Unsicherheit der in Frage kommenden Distanzen nur wenige Sekunden beträgt, sodass auch hier das photogrammetrische Verfahren den Messungen mit astronomischen Instrumenten gleichgestellt werden kann[2]).

[1]) Im Hochgebirge geben die Spitzen von Schneezungen willkommene Objekte für (direkte Messung und mehr noch für) die Plattenausmessung. Wenn jedoch zwischen den Messungen bezw. Aufnahmen auf verschiedenen Standorten längere Zwischenräume (etwa mehrere Tage) lagen, so kann durch inzwischen erfolgtes Abschmelzen eine Veränderung der Zielpunkte bewirkt werden, welche die Zuverlässigkeit der Resultate beeinträchtigt.

[2]) Da dies Verfahren auch für Forschungsreisende von Wichtigkeit werden dürfte, skizziren wir dasselbe kurz: Am Fernrohr sehen wir (Fig. 4) zwei Diopter M und N seitlich angesetzt und zwar so, dass der Horizontalfaden des Fernrohrs in der durch Schauloch und Schlitz gegebenen Ebene liegt. Man kann dann trotz des kleinen Gesichtsfeldes des Fernrohrs (2° bis 3°), unter Drehen des letzteren um seine optische Achse, gleichzeitig zwei Sterne von 5- bis 6-mal grösserer Distanz einstellen. Bei der Längenbestimmung mittels Monddistanzen stellt man das Fadenkreuz des Fernrohrs so ein, dass der eine (sonst horizontale) Faden den Mond halbirt, dreht das Fernrohr um seine Längsache, bis das zweite Objekt durch Schauloch und Schlitz eingestellt ist. Weiterhin stellt man den zweiten (sonst vertikalen) Faden des Fernrohrs auf den Mondrand ein und hält ihn in dieser Stellung fest durch Nachdrehen mit den Mikrometerschrauben beider Kreise. Hierauf wird exponirt (ca. 20 Sek.), wobei

Phototheodolit II wird auf einer Reihe zum Theil aussereuropäischer meteorologischer Observatorien als Wolkentheodolit verwendet. Zur Messung von Entfernung (Koordinaten X und Y), Höhe, Mächtigkeit und Geschwindigkeit der Wolken finden gleichzeitige Beobachtungen auf zwei bis zu mehreren Kilometern von einander entfernten Stationen (Beobachtungspfeilern) statt[1]). Am einfachsten gestaltet sich die Aufnahme und Rechnung bei Wolken, welche so liegen, dass die optischen Achsen beider Apparate rechtwinklig zur Basisrichtung oder einander parallel gestellt werden können. Die Verarbeitung der Platten kann in dreierlei Weise erfolgen: a) durch Ausmessung der Platten mittels Kamerafernrohr und trigonometrischer Berechnung von Lage und Höhe der eingestellten Wolkenpunkte[2]); b) durch Ausmessung der Platte mit Kamerafernrohr und Umsetzen der Winkel in Bildkoordinaten x und y für senkrecht und parallel zur Basis stehende Platten, worauf die Koordinaten A (Horizontalabstand von der Basis), X_1 und X_2 (Horizontalabstände von zwei in S_1 und S_2 rechtwinklig die Basis schneidenden Vertikalebenen), Z_1 und Z_2 (Höhen über den Stationen) durch Proportionalen mit Hülfe der Rechenmaschine abgeleitet werden können; c) bei parallel bezw. normal zur Basis gestellten Achsen durch direkte Abmessung von x und y in den Bildern, Reduktion derselben mit Hülfe der Bildweite D und der Achsenneigungen η auf Vertikalstellung der Platten und Berechnung der Koordinaten der Wolkenpunkte wie unter b). Im Allgemeinen wird das trigonometrische Rechenverfahren sich am meisten empfehlen, umsomehr, als man die Rechnungen unter Benutzung von Tafeln für die numerischen Werthe der trigonometrischen Funktionen auch mit der Rechenmaschine ausführen kann[3]).

---

auf der Platte ein Bild des Mondes und Sternes entsteht. Nun wird Fernrohr nebst Kamera durchgeschlagen, das Okularfadenkreuz in gleicher Weise wie bei der ersten Lage auf den Mondrand eingestellt und dieselbe Platte zum zweiten Male exponirt. Das zweite Bild von Mond und Stern ist gegen das erste um 180° gedreht derart, dass die Ränder der beiden Mondbilder sich berühren, während der gegenseitige Abstand der beiden Bilder desselben Sternes gleich ist der doppelten Monddistanz; bei Verwerthung der Aufnahme wird nur dieser Abstand gemessen, während der stets unscharf begrenzte Mondrand ausser Betracht fällt. Vorerst handelt es sich um Einfügen eines Vergleichsmaasses auf der Platte zur Umsetzung des linearen Werthes des Zwischenraumes in Gradmaass. Zu diesem Zweck macht man auf derselben Platte, gleich nach Aufnahme der Monddistanz, eine Aufnahme passender Vergleichssterne, wobei man für den einen zweckmässig den oben gebrauchten Stern wieder benutzt. Man stellt das Fadenkreuz des Fernrohrs auf diesen Stern ein, die Diopter auf den zweiten und macht zwei Aufnahmen in gleicher Weise wie oben. Da die beiden Distanzlinien (doppelte Mond- und Sterndistanz) sich in der Mitte des Bildes kreuzen, verhalten sich die linearen Abstände der beiden Sterne wie die Tangenten ihrer Winkelabstände, wodurch das Vergleichsmaass für die Umsetzung der linear gemessenen doppelten Monddistanz in Gradmaass gegeben ist.

[1]) Aus den Braunschweiger Beobachtungen, welche als Versuchsmessungen zu betrachten sind, lässt sich der Schluss ziehen, dass bei Wolken, deren Entfernung vier- bis zehnmal so gross ist wie die Basis, photogrammetrisch hinsichtlich Lage und Höhe eine Genauigkeit von 1 Prozent erreicht werden kann, was in Anbetracht der Unbestimmtheit der Objekte (bewegte, leicht veränderliche, ungleich dichte, unscharf abgegrenzte Nebelmassen) ausreichen dürfte.

[2]) Eine Orientirung der Platte durch Nachmessung von direkt gemessenen Winkeln fällt bei Wolkenaufnahmen natürlich ausser Betracht.

[3]) Die vorhandenen Tafeln dieser Art geben die Werthe von Minute zu Minute. Es wäre sehr erwünscht (und zwar nicht allein für die oben genannten Berechnungen), wenn man eine Tafel zur Hand hätte, welche (ähnlich Gernerth's 5-stelliger Tafel für die Logarithmen) die Werthe der trigonometrischen Funktionen von 10″ zu 10″ lieferte, da dann sämmtliche trigonometrische Rechnungen, ohne viel Interpoliren, mit der Rechenmaschine ausgeführt werden könnten.

Notiz über ältere Niveauprüfer.

Von
Dr. A. Galle in Potsdam.

In verschiedenen astronomischen Lehrbüchern wird für die Bestimmung des Theilwerthes der Libellen die Befestigung derselben an einem Höhenkreise oder die Benutzung der Fussschraube eines Theodoliten empfohlen, dagegen eines besonderen Hülfsinstrumentes nicht Erwähnung gethan. Ich verweise in dieser Beziehung auf die erste, im Jahre 1851 erschienene Auflage von Brünnow's „Lehrbuch der sphärischen Astronomie," und selbst in der siebenten von Weiss bearbeiteten Ausgabe von Littrow's „Wunder des Himmels" (1886) ist an der diesbezüglichen Stelle von einem Niveauprüfer nicht die Rede. Auch in Sawitsch's „Praktische Astronomie" ist dem Anschein nach der Abschnitt über dieses Instrument erst später eingefügt worden, indem bei der Theorie der Instrumente nur auf die erwähnten älteren Methoden zurückgegangen wird. Es wird beim Kapitel des Passageninstrumentes z. B. angegeben, dass Knorre zur Bestimmung des Werthes eines Umgangs der Fussschraube sich durch Striche beholfen hat, die er an einem senkrechten Holzklotze anbrachte.

Wenn man aber hieraus auch nur auf die geringe Verbreitung der Niveauprüfer schliessen wollte, so gewinnt man vielleicht durch die von Major Steinhausen in dem von Loewenherz herausgegebenen „Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879" gemachten Bemerkungen über das Reichel'sche Legebrett den Eindruck, als ob es sich um einen wesentlich neuen Apparat handelte. *A. a. O. S. 62* heisst es: „Reichel führt die Theilung (der Libellen) nicht nur selbst aus, sondern bestimmt auch — auf Wunsch — den Werth jedes Theilstriches. Das hierzu von ihm konstruirte, höchst zweckmässige Instrument war leider nicht ausgestellt. Da aber die Kenntniss desselben nicht ohne Interesse sein dürfte, so möge hier die Beschreibung des für die trigonometrische Abtheilung der Landesaufnahme gelieferten folgen."

Dass aber der hier beschriebene, seitdem viel verbreitete Reichel'sche Niveauprüfer, wie die besondere Bezeichnung „Legebrett" ebenfalls anzudeuten scheint, als eine völlig neue Erfindung nicht angesehen werden kann, geht aus dem von Professor Helmert bearbeiteten Abschnitt in dem „Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner Internationalen Ausstellung im Jahre 1876, herausgegeben von A. W. Hofmann (Braunschweig 1878)" hervor, wo *S. 190* gesagt ist: „Wir haben endlich noch den Niveauprüfer der englischen Vermessung anzuführen. Er unterscheidet sich von dem Repsold'schen hauptsächlich dadurch, dass die Libelle nicht direkt auf den von der Mikrometerschraube zu bewegenden Träger zu liegen kommt, sondern auf einen zweiten Träger, der an der einen Seite fest unterstützt, mit dem andern Ende auf dem ersten Träger aufsitzt und zwar sehr nahe an dessen Drehpunkt. Auf diese Art geht nur ein kleiner Theil der Senkung des ersten Trägers auf die Libelle über und es lassen sich leicht sehr kleine Neigungsänderungen erzielen." Der englische Apparat ist im Katalog der Londoner Ausstellung als „Klinometer" bezeichnet.

Repsold muss schon frühzeitig Libellenprüfer konstruirt haben, denn in den *Astronom. Nachrichten 44. Nr. 1033* erwähnt Schumacher: „Auf Repsold's Maschine, um den Werth eines Niveautheils zu untersuchen, machte Lieutenant v. Nehus am 6. April 1829 folgende Bestimmung" (Folgen Zahlenangaben.). Wahrscheinlich ist das hier erwähnte Instrument bald nach dem Bau der Altonaer Sternwarte (1824) geliefert worden.

Herr Dr. Repsold theilt mir freundlichst mit, dass die ursprüngliche Konstruktion dieser Niveauprüfer folgende war: „ein einfacher, eiserner Träger mit zwei verstellbaren Lagern für das Niveau, an dem einen Ende auf zwei festen Punkten ruhend, am andern auf einer feinen Schraube mit getheiltem Kopf; später (etwa seit 1852) wurde noch eine Platte mit zwei festen Punkten und einer Schraube als Unterlage für den eigentlichen Niveauprüfer beigegeben, wodurch es leichter gemacht wurde, verschiedene Theile des Niveaus mit demselben Theile der Schraube zu messen."

Herrn Professor Bruns verdanke ich den Hinweis auf die wohl älteste Konstruktion eines Niveauprüfers und auf den von der Pulkowaer Sternwarte bei ihrer Einrichtung erworbenen Apparat. Der letztere, als *„Examinateur"* (Apparat zur Prüfung der Niveaus) bezeichnet, ist ausführlich in der *Description de l'observatoire astronomique central de Poulkowa par F. G. W. Struve. St. Pétersbourg 1845. S. 222 ff.* beschrieben und durch eine Abbildung erläutert. Der halbkreuzförmige Träger ruht auf drei Schrauben, von denen die eine als Messschraube dient. Sie ruhen wiederum auf zwei ebenen Glasplatten, die durch je drei Fussschrauben horizontal gestellt werden können. Der Apparat war so eingerichtet, dass die Niveaus in ihren Fassungen zur Prüfung gelangten. Bei den später in der Werkstatt des Observatoriums konstruirten Niveauprüfern liess sich die Messschraube in der Richtung des Lineals ein wenig verschieben, um den genauen Werth von einer Bogensekunde für den Schraubentheil herstellen zu können.

Die älteste Erwähnung eines Niveauprüfers scheint jedoch die in F. G. W. Struve's „Astronomischen Beobachtungen auf der Dorpater Sternwarte", *Band II. Dorpat 1820. S. 89* zu sein. Wir geben die betreffende Bemerkung zu den Beobachtungen vom 25. Mai 1819 in deutscher Uebersetzung des lateinischen Originals wieder: „An Stelle der kleineren und allzu trägen Libelle, durch die vorher die horizontale Lage der Achse untersucht wurde, ist eine andere, welche ich aus der Münchener Werkstatt empfing, an der Aufhängevorrichtung angebracht worden. Es ist eine Glasröhre von 10 Zoll Länge und 12,5 Par. Linien im Durchmesser. In die Kapsel, in die ich die Röhre eingeschlossen habe, habe ich eine Messingskale eingefügt, welche das Glas mit ihrer Kante berührt. Die einzelnen Theile dieser Skale sind = 1,33 Linien; und mittels einer Mikrometerschraube, welche ein Lineal, auf das die Libelle aufgesetzt ist, um einen festen Punkt bewegt, habe ich erkannt, dass die einzelnen Theile $0'',55$ in Bogenmaass betragen oder dass die Bewegung der Luftblase für jede Bogensekunde = 1,82 Skalentheile = 2,42 Par. Linien bei der Temperatur $+ 12^0$ R. beträgt."

Nach R. Wolf (Handbuch der Astronomie) ist die Röhrenlibelle bereits um 1660 durch den französischen Gelehrten Melchisedec Thévenot erfunden worden. Doch war die Ausführung ziemlich lange Zeit noch höchst unvollkommen; 1775 wurde von Fontana die Verwendung von Aether oder Naphta für feinere Libellen in Vorschlag gebracht. Das genaue Ausschleifen der Röhren im Innern wird erst 1817 von Repsold erwähnt und die Vervollkommnung der Libellenfassungen blieb Reichenbach und dem älteren Ertel vorbehalten. So kam es, dass nur allmählich die früheren Hülfsmittel (Loth, Setzwaage und Kanalwaage) durch das Niveau verdrängt wurden, und man kann den Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts als die Epoche seiner Einbürgerung unter den Präzisionsinstrumenten bezeichnen.

Man ersieht hieraus, dass der allgemeineren Einführung der Libellen die Anwendung von Instrumenten zur Bestimmung ihrer Theilwerthe sehr bald gefolgt ist.

Ueber den Einfluss der chromatischen Korrektion auf die Lichtstärke und Definition der Bilder.

Von
Karl Strehl, K. Gymnasiallehrer in Weissenburg a. S.

Anlässlich eines praktischen Falles wurde ich darauf geführt, zu untersuchen, welchen Einfluss die *Art* der chromatischen Korrektion auf die Lichtstärke und Definition der Bilder ausübe. Ich habe gefunden und möchte im Folgenden nachweisen, dass derselbe viel grösser ist, als man erwarten sollte. Bekanntlich hat v. Lommel über die Beugungserscheinung einer *kleinen* runden Oeffnung eine grundlegende theoretisch-experimentelle Untersuchung verfasst (*Abh. der Kgl. bayer. Akademie der Wiss. II. Kl. 15. II. Abth.*); durch sorgfältige Untersuchung der für das Fernrohr maassgebenden Längen und Abweichungen hinsichtlich ihrer Grössenordnung (ein wichtiger, bisher aber in den mir bekannten Schriften schlechthin vernachlässigter Punkt) habe ich in meiner „Theorie des Fernrohrs" erst den strengen Beweis erbracht, dass diese Untersuchung fast wörtlich auf Objektive etwa vom Maassstab 1 : 10 an und mindestens bis zu 1 *m* Oeffnung Anwendung findet. Auf solcher Grundlage fussen nachstehende Rechnungen.

Wenn ich in einem Fernrohr z. B. den Planeten Jupiter betrachte, so kommt es mir nicht darauf an, ob er „mit dem blendenden Glanze einer Wagenlaterne" ins Gesichtsfeld tritt, sondern wieviel Detail ich auf ihm wahrnehmen kann. Es handelt sich also hier nicht um die durchschnittliche Helligkeit des Bildes, sondern um die Helligkeitsunterschiede der kleinsten noch wahrnehmbaren Strukturelemente. Diese üben auch einen wesentlichen Einfluss auf die Definition des Bildes aus. Jedoch ist das Definitionsvermögen einer Spektralfarbe nicht lediglich ihrer Helligkeit proportional, vielmehr hat man wegen des mit abnehmender Wellenlänge proportional wachsenden Auflösungsvermögens zu setzen $\textit{Definitionswerth} = \frac{\textit{spezifische Lichtstärke}}{\textit{Wellenlänge}}$. Ich habe hierbei gefunden, dass, wenn der Scheitel der Intensitätskurve der verschiedenen Spektralstellen bei $\lambda = 0{,}565\ \mu$ liegt, dann der Scheitel der Definitionswerthe bei $\lambda = 0{,}5625\ \mu$ zu liegen kommt. Auch sonst sind die beiden Kurven wenigstens nicht allzusehr verschieden, und da sich das Auflösungsvermögen der zur Brennebene benachbarten Bildebenen schwer in Zahlen ausdrücken lässt, so kann man für praktische Zwecke auch in letzterer Hinsicht ohne zu grosse Fehler statt der Definitionskurve die Helligkeitskurve setzen.

Darum handelt es sich eben nun, dass beiderseits vom Brennpunkt längs der optischen Achse sowohl die Lichtstärke als auch das Auflösungsvermögen periodischen Schwankungen unterworfen ist. Man kann — vom Brennpunkt an gerechnet — die optische Achse in gleich grosse Zonen eintheilen. In der 1. Zone beiderseits sinkt die Lichtstärke von der Einheit bis auf Null, in der zweiten erhebt sie sich nur noch bis auf 5%, in der 3. bis auf 2%, in der 4. bis auf 1% u. s. w. Genaueres hierüber findet man in meinem Aufsatz „Aplanatische und fehlerhafte Abbildung im Fernrohr" (*diese Zeitschr. 15. S. 364. 1895*). Wenn nun das System (Okular + Auge) — wie wir im Folgenden annehmen wollen — auf die Brennebene der hellsten Spektralstelle $\lambda = 0{,}55\ \mu$ eingestellt ist, dann vereinigen sich mit dieser bezüglich der übrigen Spektralfarben nicht deren Brennebenen, sondern benachbarte Bildebenen, nicht etwa nur aus der 1., sondern auch aus der 2. bezw. 3. bezw. 4. Zone u. s. w.

Die Folge davon ist, dass jede einzelne Spektralfarbe nicht nur nach Maassgabe

ihrer eigenthümlichen Lichtstärke zur Helligkeit und damit auch zur Definition des Bildes beiträgt, sondern ihre spezifische Lichtstärke ist auch noch mit einem Reduktionsfaktor zu versehen, der sie natürlich gewaltig herabdrückt. Taylor hilft sich in seiner Abhandlung *„The Secondary Colour Aberrations of the Refracting Telescope in Relation to Vision"*, über welche unlängst in *dieser Zeitschr.* ***15.*** *S. 451. 1895* referirt worden ist, hier einfach dadurch, dass er die mittleren Spektralfarben mit ihrer vollen Helligkeit, die anderen gar nicht in Rechnung zieht. Allerdings hat er zuerst auf den ausserordentlichen Einfluss dieser Verhältnisse hingewiesen, aber infolge seiner künstlichen Annahme bleibt er mit seinen Resultaten noch weit unter der Wahrheit. Für nachstehende Rechnung habe ich nun der Einfachheit wegen angenommen, dass die hellste Spektralstelle $\lambda = 0{,}55\ \mu$ sei — während sie nach Taylor für das Normalspektrum $\lambda = 0{,}565\ \mu$ ist — und dass der Scheitel der Farbenkurve einmal (Tabelle I) in $\lambda = 0{,}55\ \mu$ und das andere Mal (Tabelle II) in $\lambda = 0{,}58\ \mu$ zu liegen komme[1]). Als Farbenkurve habe ich dagegen — um mich an praktisch realisirte Fälle zu halten — diejenige des Lickrefraktors angenommen, deren Scheitel in Wirklichkeit gerade in der Mitte bei $\lambda = 0{,}565\ \mu$ liegt. Ferner habe ich als Helligkeitskurve der Spektralstellen die des Normalspektrums nach den Angaben von Taylor gewählt. Abbildungen beider finden sich dem Referat *a. a. O.* beigegeben; ich darf mir wohl erlauben, darauf zu verweisen. In den beiden folgenden Zahlentabellen bedeuten nun λ die 100-fach vergrösserten Wellenlängen in μ; ferner Δ die 50-fach vergrösserten chromatischen Längenabweichungen des Lickrefraktors in *mm*, sowie a die entsprechenden Durchmesser der oben genannten Zonen, 50-fach vergrössert in *mm*; dividirt man Δ durch a, so ergeben sich die den Reduktionsfaktor bestimmenden Zahlen z (zur Vermeidung von Dezimalbrüchen 100-fach vergrössert); dabei bedeutet 100 die Grenze zwischen der 1. und 2. Zone, ferner 200 die Grenze zwischen der 2. und 3. Zone u. s. w. Unter φ steht der Reduktionsfaktor und unter i die spezifische Lichtstärke jeder Spektralstelle (bei beiden ist ebenfalls der Einfachheit wegen die Einheit = 100 gesetzt); multiplizirt man i mit φ, so erhält man den Beitragswerth w jeder Spektralstelle. Summirt man endlich über sämmtliche von den verschiedenen Spektralstellen gelieferten Beiträge, so erhält man die verhältnissmässige Lichtdichte im Scheitel der Farbenkurve als Brennpunkt. Um die Tabellen nicht zu sehr ausdehnen zu müssen, gebe ich hier nur diejenigen Werthe wieder, welche noch innerhalb der 1. Zone liegen; jedoch habe ich für mich zur Ermittlung des Fehlers, welcher durch diese Beschränkung entsteht, auch noch die nächsten 3 Zonen (also ausschliesslich der 5. und weiteren) berechnet. Selbstverständlich ist eine mechanische Quadratur immer mit Fehlern behaftet: die Richtigkeit der Schlüsse innerhalb der gewählten Genauigkeitsgrenze vermögen sie aber nicht zu stören.

Wir entnehmen nun beiden Tabellen (a. f. S.) Folgendes:

Wenn der Scheitel der Farbenkurve mit dem Scheitel der Lichtkurve zusammenfällt, dann ist (Tabelle I) die Lichtsumme im Brennpunkt 100 113; wenn der Scheitel der Farbenkurve um $0{,}03\ \mu$ nach der rothen Seite verrückt ist, dann ist (Tabelle II) die Lichtsumme im Brennpunkt 80 623; nach der blauen Seite zu würde sie noch etwas kleiner sein. Der Lichtverlust beträgt also 19,5%. Wenn man alle Werthe rechnet, welche innerhalb der 4 ersten Zonen liegen, dann findet sich im 1. Falle als Lichtsumme 101 460; dagegen im 2. Falle als Lichtsumme 81 817; der Unter-

[1]) Vgl. Max Wolf, Bestimmung der chromatischen Abweichung achromatischer Objektive. *Wied. Ann.* ***33.*** *S. 212. 1888* (Kurve *E*). — Für lichtschwache astronomische Bilder (im Gegensatz zu mikroskopischen) liegt die hellste Spektralstelle wohl eher unter als über $\lambda = 0{,}55\ \mu$.

schied hat sich aber fast gar nicht geändert und beträgt wieder 19,4%. Dagegen tritt eine sehr grosse Aenderung ein, falls man annimmt, das Objektiv sei *absolut* achromatisch, und deshalb den Reduktionsfaktor stets der Einheit gleich setzt. In diesem Falle ist die Lichtsumme innerhalb der 4 ersten Zonen 209 100 und steigt sogar innerhalb des Intervalls $\lambda = 0{,}40\ \mu$ bis $\lambda = 0{,}70\ \mu$ auf 231 600; demgegenüber bedeutet eine Lichtsumme von 101 460 blos 48,5% bezw. sogar nur 43,8%. Die übrigen 56,2% dienen nur dazu, das Detail der dem Brennpunkt benachbarten Bildstellen mehr oder weniger zu verwischen. Dieser Verlust an Licht und diese Verschleierung des Details sind es in Wahrheit — und nicht die „farbigen Ränder" —, welche unachromatische Fernrohre unbrauchbar machen und die Leistung achromatischer so sehr verringern, letzteres Verhältnisse, die man mit dem Namen „sekundäres Spektrum" zu kennzeichnen pflegt.

Tafel I.

λ	Δ	: a	$= z$	φ	$\times\ i$	$= w$
60	75	87	86	03	64	192
	60	86	70	13	69	897
59	45	85	53	36	74	2 664
	35	84	42	54	78	4 212
58	25	84	30	74	84	6 216
	15	83	18	90	88	7 920
57	10	82	12	96	91	8 736
	05	81	06	99	94	9 306
56	02	81	02	100	97	9 700
	01	80	01	100	99	9 900
55	0	80	0	100	100	10 000
	03	79	04	100	99	9 900
54	10	78	13	95	98	9 310
	25	77	32	71	95	6 745
53	40	77	52	38	91	3 458
	55	76	72	11	87	957
						100 113

Tafel II.

λ	Δ	: a	$= z$	φ	$\times\ i$	$= w$
63	75	91	82	05	23	115
	60	90	67	17	30	510
62	45	90	50	41	39	1 599
	35	89	39	59	46	2 714
61	25	88	28	77	52	4 004
	15	87	17	91	58	5 278
60	10	87	11	97	64	6 208
	05	86	06	99	69	6 831
59	02	85	02	100	74	7 400
	01	84	01	100	78	7 800
58	0	84	0	100	84	8 400
	03	83	04	100	88	8 800
57	10	82	12	96	91	8 736
	25	81	31	72	94	6 768
56	40	81	49	42	97	4 074
	55	80	69	14	99	1 386
						80 623

Fassen wir das Vorstehende nochmals in zwei Sätzen zusammen unter der Annahme, dass die hellste Stelle des Spektrums in $\lambda = 0{,}55\ \mu$ liege:

I. *Bei Einstellung auf den Brennpunkt der Strahlen von* $\lambda = 0{,}55\ \mu$ *Wellenlänge steigt mit wachsender Vergrösserung der Lichtverlust eines „Lickrefraktors" nach unserer Rechnung mindestens auf* 51,5%; *in Wirklichkeit wird die Lichtstärke im Brennpunkt sogar höchstens* 43,8% *sein; diesen Grenzwerth — welchen man nach Kenntniss der Farbenabweichungen für jedes Objektiv bestimmen kann — möchte ich als wahres Maass der Lichtstärke angesehen wissen.*

II. *Wenn der Scheitel der Farbenkurve um* $\lambda = 0{,}03\ \mu$ *seitlich von der hellsten Stelle des Spektrums liegt, dann sinkt die Lichtstärke im Brennpunkt nach unserer Rechnung auf* 39,1%, *in Wirklichkeit bis auf* 35,3%; *der Lichtverlust gegen vorhin beträgt also* 19,4%.

Aus diesen beiden Schlüssen erkennt man einmal die Schädlichkeit kurzer Brennweite, zum anderen die Wichtigkeit, den Scheitel der Farbenkurve in nächste Nähe der hellsten Spektralstelle zu legen. Denn ein Verlust von 7% bis 20%[1]) muss sich meiner Ansicht nach doch bei Aufsuchung von schwachen Doppelsternkomponenten, Planetentrabanten u. s. w. und bei Erforschung zarter Details auf Planeten-

[1]) Der Lichtverlust ist 6,9% für $\lambda = 0{,}565\ \mu$ als Scheitel der Farbenkurve, wie ich nachträglich berechnet habe.

oberflächen bemerklich machen können, ganz abgesehen davon, dass dadurch der gewöhnlich schon so stark herabgedrückte Werth der *wahren* Lichtstärke noch mehr herabgedrückt wird.

Ich würde mich einer Unterlassung schuldig machen, wenn ich nicht erwähnen wollte, dass diese Schlüsse nur auf den Fall sich beziehen, wo man das Fernrohr auf Objekte richtet, welche mit *weissem* Lichte leuchten. Die eigenthümliche Lichtvertheilung im Spektrum, welche als charakteristisch für den Begriff „weisses Licht“ gilt, hängt einmal ab von dem Strahlungsgesetz der selbstleuchtenden Objekte, zum andern von der physiologischen Empfindungsfähigkeit des Auges für verschiedene Farben und wird zum dritten auch noch durch die Absorptionsverhältnisse des Objektivglases beeinflusst. Würde man himmlische Objekte betrachten, welche eine wesentlich andere Helligkeitsvertheilung im Spektrum ergeben, so würden sich die Verhältnisse bei einem für weisses Licht korrigirten Fernrohr wiederum verschlechtern. Dies giebt die Erklärung für den interessanten Ausspruch des berühmten Beobachters Schiaparelli: „Nicht alle Objektive sind gleich geeignet zum Studium des Mars, sondern mehr solche, welche man in München überkorrigirt nennt, bei welchen der Achromatismus so berechnet ist, dass er nur auf den rothen Theil des Spektrums Bezug hat und nicht den blauen und violetten Strahlen Rechnung trägt. Diese Objektive zeigen gut die rothen Gegenstände, aber weniger gut diejenigen, in welchen Blau vorherrscht. Sie geben den planetarischen Scheiben und den hellen Sternen eine grosse blaue Korona, welche sehr belästigen kann; aber für den Mars ist dieser Nachtheil gering, weil im Mars nur wenige blaue Strahlen vorhanden sind, und diese beseitige ich, indem ich vor dem Okulare ein feines orangegelbes Glas anbringe. Wenn Ihr Objektiv keinen blauen Rand den planetarischen Scheiben giebt, sondern einen rothen oder grünen, so ist es nicht geeignet für den Mars, aber dagegen wird es besser als das meinige für die Venus und den Jupiter passen.“ Schiaparelli verlangt also für den Mars Objektive, bei denen der Scheitel der Farbenkurve etwa im Orangegelben liegt. Diese Wahrnehmungen sind eine volle Bestätigung unserer Theorie durch die Praxis. Allerdings leuchtet die Mehrzahl der Himmelskörper mit mehr oder minder weissem Licht, und man muss eben solche Unvollkommenheiten eines für weisses Licht korrigirten Objektives wohl oder übel mit in Kauf nehmen.

Auch bei *kleineren* Refraktoren liegen die Verhältnisse lange nicht in dem Maass günstiger, als man zunächst erwarten sollte. Wollte man *entschieden* dem absoluten Achromatismus nahe kommen, so bliebe meiner Ansicht nach blos eine 3-fache Möglichkeit, die auch schon verschiedene Male praktisch verwirklicht worden ist: entweder die Wahl ganz spezieller Jenenser Gläser mit äusserst gestreckter Farbenkurve, oder 3-theilige Objektive mit mehrfacher Umbiegung der Farbenkurve, oder Standfernrohre mit *kolossalen* Brennweiten.

Dürfte man zahlreichen Aeusserungen in populär-astronomischen Schriften Gewicht beilegen, so könnte man schliessen, dass Astronomen und Optiker in der Kürze ihrer Fernrohre sich förmlich zu unterbieten suchten. Wiederholt ist mir aufgefallen, dass dieser oder jener Beobachter geradezu stolz darauf war, dass sein Objektiv bei so und soviel Zoll Oeffnung „nur“ so und soviel Fuss Brennweite habe. Meist war die Bemerkung beigefügt, dass sich das Glas durch sehr grosse Lichtstärke auszeichne (welche Bemerkung auf einem leicht ersichtlichen Fehlschluss beruht); vergebens suchte ich aber stets die weitere Bemerkung, dass sich das Glas auch durch eine ausserordentliche Definition auszeichne. Ich glaube die wahren Verhältnisse

bezüglich der Lichtstärke — sowie des weiteren bezüglich des Einflusses der *Art* der Farbenvereinigung auf die Lichtstärke und Definition — im Vorstehenden deutlich hervorgehoben zu haben und erlaube mir zum Schluss noch auf ein Wort von Gauss in einer seiner dioptrischen Untersuchungen hinzuweisen: „Der scharfe Kalkül lässt sich nichts abstreiten und bei einem vagen Raisonnement übersieht man leicht einen wesentlichen Umstand“.

Notiz zum Polarplanimeter.

Von
C. Bohn.

In *dieser Zeitschr.* ***16.*** *S. 361. 1896* beschreibt Herr Hammer eine Abänderung des Amsler-Planimeters, welche den Flächeninhalt durch Multiplikation der Abwickelung an der Integratorrolle mit nur *einer* Konstanten finden lässt, einerlei ob der Pol ausser- oder innerhalb der Figur liegt, oder anders gesagt, welche die zweite Konstante zu Null macht, die man bisher bei Innenlage des Pols zu dem Abwickelungsvielfachen noch fügen musste. Diese zweite Konstante ist bekanntlich der Inhalt eines Kreises, gleich $\pi(b^2 - 2eb)$, wenn b und e die Entfernungen des Fahrstifts, beziehungsweise des Auflagerungspunktes der Rolle vom Gelenk bedeuten.

Die Beseitigung der zweiten Konstanten lässt sich (wie ich bereits am 26. XI. 1886 in das Handexemplar meiner „Landmessung“ schrieb) einfachst dadurch erreichen, dass man $e = b/2$ macht, wobei es einerlei ist, ob die Rolle mitten zwischen Gelenk und Fahrstift liegt, oder im gleichen, halben Fahrstiftabstand auf der Verlängerung von Fahrstift zu Gelenk. Die Grösse der Abrollung ändert sich dadurch nicht, nur der Sinn derselben.

Im ersten Falle bleibt die Rolle in der Nähe des Figurumfangs, was, wie auch Herr Hammer betont, von Vortheil ist. Im zweiten Falle (diesem entsprechend sind die Amsler-Planimeter gebaut) kann sich die Auflagerstelle der Rolle dreimal so weit vom Umfang der Figur entfernen.

Ich habe es niemals besonders lästig empfunden, in den selten vorkommenden Fällen der Innenlage des Pols die zweite Konstante zu addiren. Aber es ist allerdings einfacher, wenn sie ganz wegfällt.

Aschaffenburg, 5. Januar 1897.

Referate.

Ueber einen Libellenprüfer.

Von M. Raina. Sonderabdruck aus *Il Politechnico 1895.*

Der von Leonardo Milani im Jahre 1889 für die Königliche Sternwarte zu Mailand konstruirte Libellenprüfer ist, wie in der Abhandlung auch angegeben ist, mit einigen kleinen Aenderungen nach dem Reichel'schen Legebrett mit Federbalancirung konstruirt, welches in dem „Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1879“ *S. 62* beschrieben ist. Raina behandelt in sehr vollständiger Weise die Prüfung der Messschraube auf periodische und fortschreitende Fehler. Bezüglich der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden. *G.*

Ein einfaches und genaues Kathetometer.

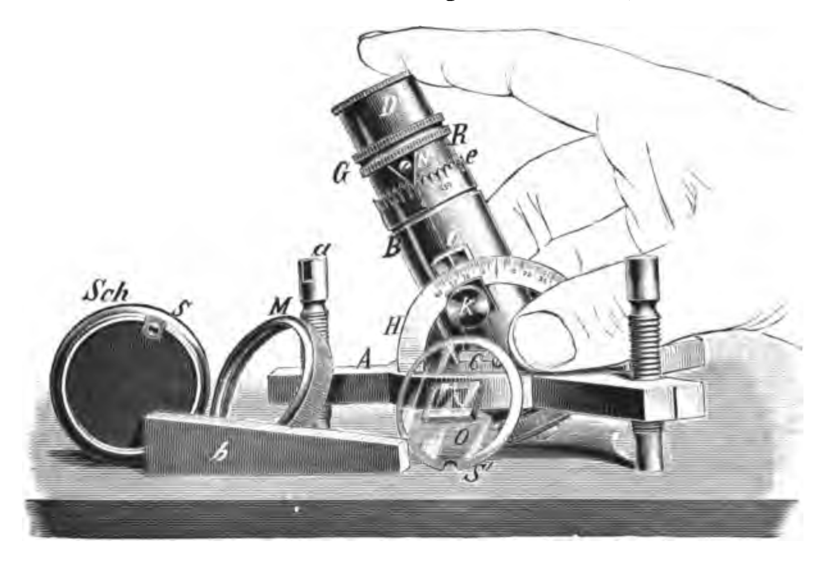
Von F. L. O. Wadsworth. *Amer. Journ. of Science (4) 1. S. 41. 1896.*

Die Thatsache, dass der hohe Preis eines guten Kathetometers gebräuchlicher Konstruktion nicht im Einklang steht mit der durch das Instrument erreichbaren Genauigkeit, hat Wadsworth zu einer Abänderung der Konstruktion geführt, deren Hauptvorzug darin besteht, dass die lange zylindrische Führung sammt besonderem, festen Maassstab in Wegfall kommt. Er befestigt vielmehr einen gewöhnlichen Maassstab parallel zu dem vertikal stehenden Messobjekt in ein und demselben Stativ und beobachtet Objekt und Maassstabstrich, indem er sie nacheinander durch einen drehbaren Planspiegel in das Messfernrohr reflektirt, welches an einem zweiten gewöhnlichen Dreifussstativ festgeklemmt ist. Der Objektivkopf trägt einen über das Objektiv hinausragenden Arm, in welchem die Achse für den Planspiegel in der Ebene der Visirlinie und senkrecht zu ihr justirbar gelagert ist. Zur Kontrole der Lage des Spiegels und des Fernrohres, welches zum Kippen und Drehen eingerichtet ist, dient eine auf der Spiegelachse sitzende Libelle. Der Abhandlung ist eine eingehende Erörterung der Fehlerquellen der Anordnung beigegeben. *G.*

Universal-Schleifapparat für den Handgebrauch zur Herstellung von orientirten Krystallpräparaten.

Von Gustav Halle. *Nach einem Prospekt.* Vgl. auch *Neues Jahrbuch f. Mineral. 1896. S. 251.*

Der Apparat ist besonders geeignet zum Schleifen von genau orientirten Krystalllamellen, welche behufs Beobachtung ihrer Achsenbilder möglichst schnell hergerichtet werden sollen. Zu diesem Zweck muss sich das Objekt mit seinem Träger um eine zur Schleifplatte parallele Achse um bestimmte Winkel neigen und der Objekthalter um seine Längs-



achse drehen lassen. Ferner sollte die Möglichkeit vorhanden sein, an dem Krystall, ohne ihn von dem Objektträger wegzunehmen, rasche Bestimmungen der Lage der Achsen vornehmen zu können. Deshalb besteht bei dem zu beschreibenden Apparat der Objektträger aus Spiegelglas; er lässt sich leicht von dem metallenen Schleifkörper abnehmen und nachher wieder sicher befestigen.

Die nebenstehende Abbildung zeigt den Apparat in halber nat. Grösse; die Haupttheile der Objektbefestigung sind in voller Grösse dargestellt.

Die dreischenklige Grundplatte *A* kann durch drei kräftige, feingängige Stahlschrauben *a* mittels Knebelschlüssel stets genau parallel zur Schleifbasis gestellt werden; für diesen Zweck ist dem Apparat ein mit Millimetertheilung und Zahlen versehener Mess-

keil beigegeben. Die Schrauben selbst sind schwer gangbar eingerichtet, um etwaige Drehungen derselben während der Arbeit zu verhindern.

Auf der Grundplatte ist ein um seine Querachse drehbarer Rohrkörper *B* befestigt, welcher sich in festen Lagern *C* nach der linken Seite um 30 Grad neigen und mittels der Klemme *K* an einem graduirten, mit Zahlen versehenen Halbkreis *H* in einer gewünschten Lage feststellen lässt. Die Indexmarke *i* ist mit dem Rohrkörper fest verbunden. Der obere Rand dieses Aussenrohres ist mit 36 äquidistanten, spitzwinkeligen Einschnitten *e* versehen; demnach ist der Winkelwerth einer Kerbe genau 10 Grad. Ein zweites, starkwandiges Rohr *R*, etwas schwer verschiebbar im Aussenrohr, trägt dicht unter seinem Griffringe *G* eine fest mit demselben verbundene Nase *N*, welche die Feststellung dieses Mittelrohres durch Eindrücken in einen bestimmten Einschnitt des Zahnkranzes bewirkt. Sodann ist ein drittes Rohr *D* eingefügt, welches im mittleren Hohlkörper, leicht verschiebbar, gleitet. Dieser Rohrzylinder ist durch eine Führungsleiste, welche in einem Schlitz des Mittelrohres sich leicht und sicher verschieben lässt, gegen Drehung um die Längsachse gesichert.

Am unteren Ende des innersten Rohrzylinders *D* ist der in natürlicher Grösse abgebildete Schleifkörper *Sch* befestigt. Der Objekthalter ist etwas vertieft, damit ein vorspringender Rand entsteht zur Aufnahme des eigentlichen Objektträgers *O*. Derselbe ist aus 1,5 *mm* dickem Spiegelglas hergestellt, auf einer Seite stark facettirt und am Rand mit halbkreisförmigem Einschliff *S'* versehen. Letzterer dient dazu, durch Einsetzen des Objektglases in einen am Objekthalter befindlichen Stellstift *s* das am Glase angekittete Schleifobjekt gegen Drehung zu schützen, während eine Ueberfangmutter *M*, welche sich leicht auf dem Gewindehals des Objekthalters schraubt, die facettirte Seite des Objektglases umschliesst und somit das genaue Anliegen des Letzteren bewirkt.

Für kleine Krystallpräparate wird dem Apparat auf Anregung des Hrn. Prof. Scheibe ein besonderes Stück beigegeben, das nach Abnehmen des Objektglases auf dem Gewindehals an Stelle der Ueberfangmutter *M* festgeschraubt wird. Das bedeutend kleinere Objektglas dieses Theils ist genau ebenso mittels Kerbschliff und Stellstift gegen Drehung geschützt, wie das grössere und gestattet somit ebenfalls ein genau orientirtes Anschleifen von Flächen auch bei *starker Neigung* derselben.

Alle Theile des Schleifapparates sind stark vernickelt, sodass er ohne Schaden gründlich mit Wasser abgespült werden kann. Nach diesem durch Musterschutz (Nr. 37 510) gesicherten System werden ebenfalls grössere Apparate, auch solche mit rotirender Schleifscheibe, angefertigt[1]).

Schwimmer.

Von H. Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 121. 1896.*

Die in Fig. 1 abgebildete Vorrichtung ist eine Vereinfachung des bekannten Apparates von Vogel (Lehmann-Frick *1. S. 230*), der zeigt, das auch die leichtesten Körper nur schwimmen, wenn der Auftrieb wirksam wird. In den Glaszylinder *G* ist ein Metallboden *B* eingekittet, auf dem ein anderer Glaszylinder *C* lose aufsitzt. Auf diesen ist oben der Messingdeckel *n* aufgekittet, durch den die Glasröhre *R* luftdicht hindurchführt, an deren unterem Ende die Metallscheibe *M* angekittet ist. In die Röhre *R*, ist oben ein durchbohrter Kautschukstopfen gesteckt, in dessen Bohrung ein Manometer *m* eingesetzt werden kann. Setzt man den Zylinder *C* in das mit Wasser gefüllte Gefäss *G*, so schwimmt er; verschliesst man aber das obere Ende von *R* dicht mit dem Daumen und setzt man den Zylinder *C* mit leichtem Druck auf die Bodenplatte *B*, so steigt er, wenn man den Daumen entfernt, nicht auf. Dringt nun allmählich Wasser in den Raum *r* und die Röhre *R*, so steigt endlich der Schwimmer in die Höhe. Steckt man in die untere Oeffnung von *R* einen durchbohrten Kautschukpfropfen und durch diesen ein Glasröhrchen, das in eine nicht zu feine Spitze ausgezogen ist, so tritt das Steigen des Schwimmers viel früher ein.

---

[1]) Der Preis des beschriebenen Apparates beträgt mit Kästchen 65 M. Gusseiserne, plan gehobelte Schleifplatten (25 × 25 × 2 *cm*) werden für 10 M., Glasplatten für das Feinschleifen (ca. 22 × 22 × 1) für 12 M. geliefert.

Eine andere Form des Schwimmers ist in Fig. 2 abgebildet. In den starken, unten ausgehöhlten und durchbohrten Boden *n* des Glaszylinders *C* ist das mit der Erweiterung *g* versehene Glasrohr *R* fest eingekittet. Ein kleiner Steg *t* aus Messingblech befestigt das bei *o* offene Glasrohr an dem oberen Rande von *C*. Verschliesst man *o* mit dem Daumen und setzt man diese Vorrichtung so in ein mit Wasser gefülltes Gefäss *G*, dass der eben geschliffene Rand von *C* halbdicht auf dem Boden des Gefässes aufsteht, so bleibt der Schwimmer festsitzen, wenn man den Daumen von *o* entfernt. Allmählich dringt das Wasser in *R* ein und, wenn es eine gewisse Höhe, etwa *m* erreicht hat, steigt der Schwimmer empor. Setzt man die Vorrichtung in das Wasser, ohne *o* zu verschliessen, so schwimmt sie, sinkt aber allmählich tiefer ein, wenn das Wasser in *g* und *R* eindringt. Als Wassergefäss kann ein beliebiger, hinreichend hoher Glaszylinder benutzt werden, auf dessen Boden eine ebene Glas- oder Metall-Platte *r* aufgekittet ist. Die Schwimmer werden von dem Mechaniker J. Antusch in Reichenberg (Deutschböhmen) hergestellt und die Vorrichtung Fig. 1 mit allem Zubehör für 15 M. und der Schwimmer Fig. 2 ohne Glasgefäss für 5 Mark geliefert. *H. H.-M.*



Fig. 1.

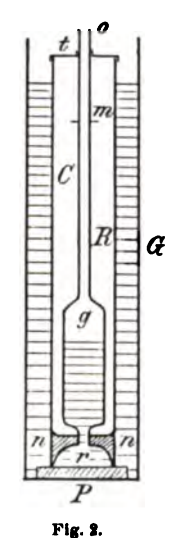


Fig. 2.

Beiträge zur Bestimmung von Molekulargrössen IV; Neuerungen an den Apparaten.

Von Ernst Beckmann. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **21.** *S. 239. 1896.*

Zur genauen Bestimmung der Aenderung, die Gefrierpunkt und Siedepunkt eines Lösungsmittels durch den Zusatz eines löslichen Körpers erleiden, — aus ihr lässt sich dann die Molekulargrösse des letzteren berechnen — hat Verf. seinerzeit Apparate angegeben[1]), deren Verbesserung er sich inzwischen hat angelegen sein lassen[2]). Um hygroskopische Flüssigkeiten vor der Luftfeuchtigkeit zu schützen, bleibt das „Gefrierrohr" (Fig. 1), dessen obere Oeffnung das feingetheilte Thermometer aufnimmt, während der seitliche Ansatz zum Einwerfen des zu lösenden Stoffes dient, für die Dauer der Beobachtung geschlossen. Ein kleiner, periodisch erregter Elektromagnet, dessen Polschuhe das Gefrierrohr ein Stück unter der oberen Oeffnung umfassen, setzt den Rührer (s. Fig. 1) in Bewegung; dieser besteht zunächst aus einem oberen, schmiedeeisernen Ringe *R*, der mit dünnem Platinblech (2 mit Gold verlöthete Theile) zum Schutz gegen chemischen Angriff bekleidet ist. Von ihm gehen zwei Platindrähte aus, die ihrerseits unten zwei flache, ebenfalls mit Gold angelöthete Platinringe *r r* tragen. Zum periodischen Stromschluss lässt sich ein Mälzel'sches Metronom in der durch Fig. 2 veranschaulichten Weise verwenden: Klemme *2* ist durch das Quecksilbernäpfchen *4* in dauernder Verbindung mit der Achse des Instrumentes, Klemme *1* mit den Näpfchen *3* und *5*; also wird je nach deren Füllung der Strom durch Eintauchen der

[1]) E. Beckmann, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **2.** *S. 638 u. 715. 1888 und* **4.** *S. 532. 1889.*
[2]) *Ebenda* **7.** *S. 323. 1890;* **8.** *S. 223. 1891;* **15.** *S. 656. 1894.*

an der Achse befestigten Drähte *a* und *b* einmal oder zweimal für jede volle Schwingung geschlossen.

Der dem Gefrierapparat ähnliche Siedeapparat besitzt noch einen zweiten seitlichen Ansatz zum Einführen eines inneren Kühlers. Ein oben durch eine Platte bedeckter Glaszylinder umgiebt als Luftmantel den unteren Theil des Siederohres. Zur Siedeerleichterung

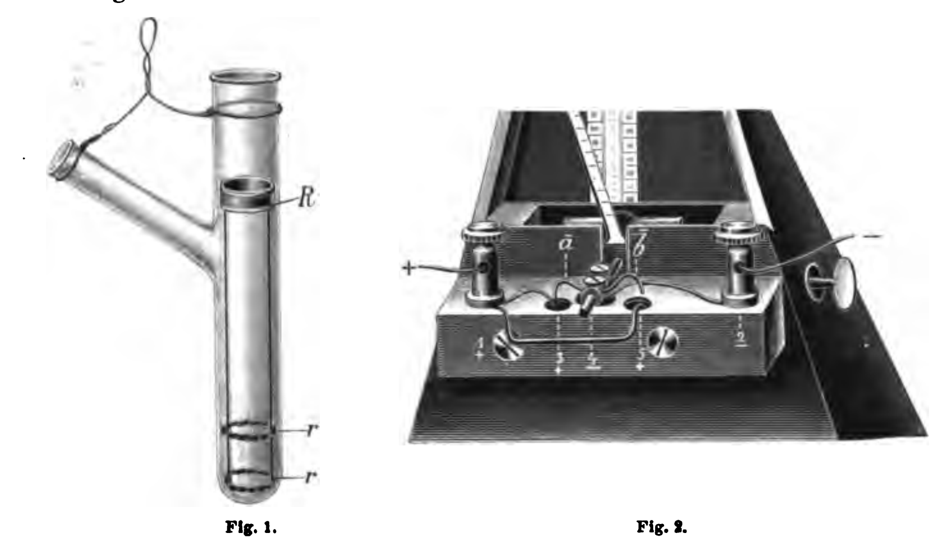


Fig. 1. Fig. 2.

können Platinstückchen, in Tetraederform geschnitten, dienen. Bei dem in 0,01° getheilten Beckmann'schen Thermometer mit veränderlicher Quecksilberfüllung[1]) kommt es darauf an, dass das zur Aufnahme des abgetrennten Quecksilbers dienende Reservegefäss nicht flach, sondern vermittelst einer konischen Erweiterung sich an die nach unten gebogene Kapillare anschliesst. *Wg.*

Methode der photographischen Registrirung zum Studium der Ausdehnung von Flüssigkeiten.

Von A. Berget. *Compt. rend.* **123**. *S. 745. 1896.*

Zwei Ausflussthermometer sind, das eine zur Bestimmung der Temperatur mit Quecksilber, das andere mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und lassen die bei Aenderung der Temperatur austretende Flüssigkeitsmenge in zwei auf den Schalen zweier verschiedener Waagen stehende Gefässe fliessen. Die Waagebalken dieser beiden Waagen schwingen in zwei zu einander senkrechten Ebenen und tragen Spiegel, in denen ein Lichtstrahl derart doppelt reflektirt wird, dass er eine lichtempfindliche Platte trifft und auf ihr infolge der beiden rechtwinkligen Bewegungsrichtungen Kurven entstehen lässt, die den Lissajous'schen ähnlich sind. Aus diesen Kurven lässt sich dann die Ausdehnung der zu untersuchenden Flüssigkeit ableiten. *Schl.*

Experimentelle Untersuchungen über die absolute Wärmeleitungskonstante der Luft.

Von E. Müller. *Wied. Ann.* **60**. *S. 82. 1897.*

Die Bestimmung der absoluten Wärmeleitungskonstante der Luft durch Beobachtung der Abkühlung eines Thermometers ist von Kundt und Warburg sowie Graetz einerseits und Winkelmann andererseits in verschiedenen Formen ausgeführt worden. Die von den genannten Forschern erhaltenen Resultate stimmen indessen so wenig überein, dass die Unterschiede sich nicht mehr durch Beobachtungsfehler allein erklären lassen. Der Verfasser

[1]) Vgl. Fr. Grützmacher. *Diese Zeitschr.* **16**. *S. 171 u. 200. 1896.*

hat sich deshalb in der vorliegenden Arbeit die Aufgabe gestellt, durch möglichst sorgfältige Wiederholung aller Versuche sowohl unter Verwendung von Metall- als von Glasgefässen die Ursache der grossen Verschiedenheit in den Resultaten zu ermitteln und einen neuen Werth der Wärmeleitungskonstante abzuleiten.

Die wesentlichsten Ergebnisse der Arbeit lassen sich im Folgenden zusammenfassen:

1. Da Kundt und Warburg sowie Graetz zur Herstellung des Vakuums Geissler'sche Pumpen verwendeten, so ist es wahrscheinlich, dass die Quecksilberdämpfe, welche unberücksichtigt blieben, das Resultat merklich beeinflusst haben.
2. Die von Kundt und Warburg sowie Graetz gefundenen Resultate erscheinen ferner zu klein, weil zur Ermittelung des Wasserwerthes des Thermometers die spezifische Wärme des benutzten Glases nicht direkt bestimmt wurde, sondern statt des wahrscheinlich anzuwendenden Werthes von etwa 0,20 der von Dulong und Petit im Jahre 1817 für Glas ermittelte 0,177 zur Berechnung verwendet wurde.

Nach der Methode von Kundt und Warburg erhielt dann der Verfasser für die absolute Wärmeleitungskonstante der Luft den Werth

$$k = 0{,}000\,056 \frac{g}{cm.sek.}.$$

Die Abweichung dieses Werthes von den von Kundt und Warburg sowie Graetz gefundenen Resultaten lässt sich durch die beiden oben angegebenen Umstände erklären.

Schl.

Lupenstativ mit Polarisation.

Von C. Leiss. *Neues Jahrbuch f. Mineral. 1897. S. 81.*

(Mitth. aus der R. Fuess'schen Werkstätte.)

Das zur Untersuchung umfangreicher Objekte dienende, auf Anregung des Hrn. E. Kalkowsky konstruirte Instrument kann für die verschiedensten mineralogischen, geologischen und paläontologischen Untersuchungen Verwendung finden.

Auf den vorderen Enden eines kräftigen, hufeisenförmigen Fusses sind in Zapfenlagern drehbar der Beleuchtungsspiegel *Sp* und der Polarisator *P* (ein Glasplattensatz) befestigt. Der Objekttisch *O* ist durch eine Spiegelglasplatte von der Grösse 8,5 × 10 *cm* gebildet, welche in einem kräftigen Messingrahmen liegt. Auf Wunsch kann die Spiegelglasplatte auch durch eine Metallplatte mit beliebiger Oeffnung ausgetauscht werden. Die Dimensionen des Polarisators sind so bemessen, dass der Objekttisch in seiner gesammten Ausdehnung mit polarisirtem Licht beleuchtet wird.



Die Einstellung der Lupen auf das Objekt geschieht durch die sehr ausgiebige Zahn- und Triebbewegung *T*, während vermittels der um die Scharniere *s* und s_1 beweglichen Arme die Lupe über den ganzen Objekttisch geführt werden kann. Der analysirende Nicol, ein Glan-Thompson'sches Prisma, wird mit seiner Fassung, welche mit einem Schlitz zur Einführung von Gyps- und Glimmerblättchen versehen ist, über den zylindrischen Ansatz *A* gestülpt. Dem Instrumente werden zwei Steinheil'sche Lupen mit grossem, planen Sehfeld von 4- und 8-facher Vergrösserung beigegeben.

Der Preis des vollständigen Lupenstativs nebst Kasten beträgt 130 M.

Experimentelle Bestimmung der Temperatur in Geissler'schen Röhren.

Von R. W. Wood. *Wied. Ann.* **59.** *S. 238. 1896; Phys. Rev.* **4.** *S. 191. 1896.*

Das Ziel der Arbeit von Wood ist die Bestimmung der relativen Temperaturen in den verschiedenen Theilen der Glimmentladung einer Geissler'schen Röhre.

Zunächst wurden einige Versuche gemacht, welche die mittlere Temperaturerhöhung angeben. An die Geissler'sche Röhre *B* (Fig. 1) ist eine senkrecht stehende Röhre angeblasen, welche fest in eine Flasche *A* eingesetzt ist und bis auf den Boden derselben reicht. In die Flasche ist etwas Schwefelsäure gegossen; der Raum über derselben steht durch ein seitliches Glasrohr, welches mit einem Glashahn versehen ist, ebenfalls mit der Geissler'schen Röhre in Verbindung. Dieser Hahn des seitlichen Rohres wird während des Auspumpens offen gelassen, bis das gewünschte Vakuum beinahe erreicht ist; alsdann wird er geschlossen und durch weiteres Pumpen die Schwefelsäure gehoben. Werden jetzt die Elektroden der Röhre mit den Polen eines Hochspannungsakkumulators von 1250 Volt verbunden, so geht eine Entladung durch die Röhre, welche eine Erwärmung verursacht; die Temperaturerhöhung ergiebt sich aus dem Fallen der Manometersäule zu 20°.

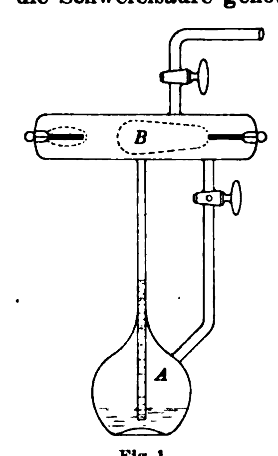


Fig. 1.

Nun hat Warburg gezeigt, dass die Wärmeleitung eines Gases unter niedrigem Druck eine derartig schnelle ist, dass sich in einem Bruchtheil einer Sekunde ein Temperaturausgleich herstellt. Bei einer intermittirenden Entladung hätte man also ein Steigen und Fallen der Temperatur im Takte der Unterbrechungen zu erwarten. Um diese Schwankungen zu zeigen, wird ein Apparat konstruirt, welcher an das Variometer für Luftdruckschwankungen von v. Hefner-Alteneck (*diese Zeitschr.* **16.** *S. 157. 1896*) erinnert. An eine Geissler'sche Röhre ist ein U-förmiges Manometerrohr angeblasen; in den horizontalen Theil desselben ist ein Tropfen Schwefelsäure gebracht, der nach dem Auspumpen durch passende Erschütterung des Manometers zertheilt werden kann. Lässt man jetzt die Entladungen eines Ruhmkorff'schen Induktoriums durch die Röhre gehen, so gerathen die durch die Gasblase getrennten Tropfen in schwingende Bewegung.

Um nun die Temperaturerhöhungen an einer bestimmten Stelle der Röhre zu messen, wurde ein Bolometerdraht in die Röhre eingeschmolzen. Als Bolometerdraht diente ein 2 *cm* langer, spiralförmig aufgewundener Platiniridiumdraht von 0,035 *mm* Durchmesser oder ein Lummer'sches Platinblech von 1,5 *cm* Länge, 1 *mm* Breite und 0,001 *mm* Dicke. Die Uebereinstimmung der mit dem Draht und dem Platinblech erhaltenen Resultate lässt erkennen, dass der Draht die Temperatur des Gases hinreichend genau annimmt. Zunächst versicherte man sich in einfacher Weise, dass wirklich nur die Widerstandsänderung des

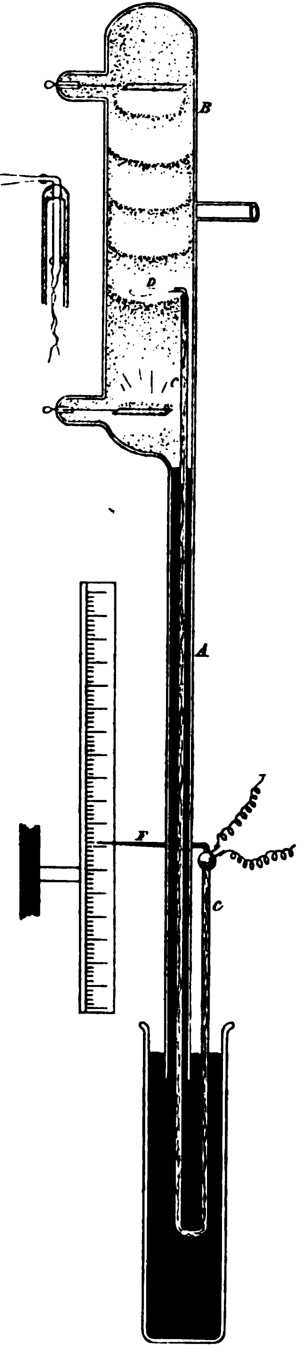


Fig. 2.

Drahtes den Galvanometerausschlag hervorrief. Bei den meisten Versuchen war die Röhre mit Stickstoff gefüllt, welcher nach der von Hittorf angegebenen Methode hergestellt war; die Messungen wurden bei verschiedenem Druck und verschiedener Stromstärke des Entladungsstromes in dem nicht geschichteten Anodenlicht vorgenommen. Die Temperaturerhöhungen betragen 11° bis 73° und stimmen ziemlich gut mit theoretischen Berechnungen, die Warburg ausgeführt hat, überein. Wurde durch Stromumkehr das Bolometer in den dunkeln Raum zwischen positivem und negativem Theil der Entladung gebracht, so betrug die Temperaturerhöhung nur 9° bis 19°.

Um nun den Bolometerdraht durch die ganze Röhre hindurchführen zu können, wurde der folgende Apparat konstruirt (Fig. 2[1]). An eine Geissler'sche Röhre ist eine vertikale Röhre *A* von 1 *cm* Durchmesser und 80 *cm* Länge angesetzt; dieselbe ist mit Quecksilber gefüllt und taucht in ein tiefes Gefäss mit Quecksilber. In der Achse von *A* befindet sich der eine Schenkel einer U-förmig gebogenen Glasröhre *C*. In derselben liegen die beiden isolirten Zuführungsdrähte aus Kupfer, die in Platindrähten endigen. Letztere sind in das Glas eingeschmolzen und tragen den Bolometerdraht. Der andere Schenkel des U-Rohres ragt aus dem Quecksilbergefäss hervor und trägt einen Zeiger *F*, durch den man an einer Millimeterskale die Stellung des Bolometerdrahtes in der Röhre ablesen kann. Die Temperaturvertheilung ist durch Kurven dargestellt und lässt sich kurz dahin zusammenfassen:

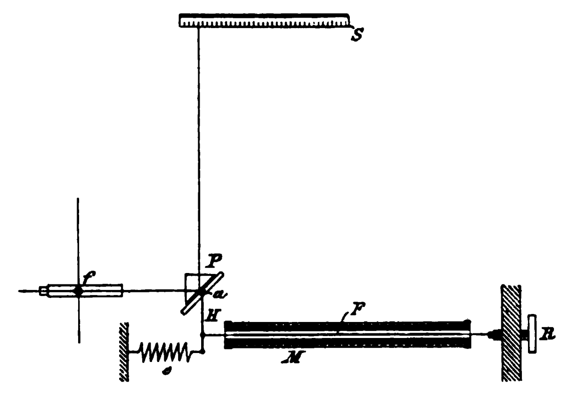
Positives Licht:	Mittlerer Potentialabfall,	mittlere Temperatur
Dunkle Entladung:	Geringer „	niedrige „
Negatives Licht:	Starker „	hohe „ .

E. O.

Ueber eine Methode zur Bestimmung der Wechselzahl oszillirender Ströme.

Von G. W. Meyer. *Elektrotechn. Zeitschr.* **18.** *S. 47. 1897.*

Der von Meyer beschriebene Apparat soll vornehmlich der Messung von Wechselströmen hoher Wechselzahl dienen, bei denen die üblichen Methoden versagen. Befindet sich ein Eisenkern in einem Solenoïd, das von Wechselströmen durchflossen wird, so tritt eine Erwärmung des Kernes ein, die durch die induzirten Wirbelströme und den Hysteresisverlust bei den zyklischen Magnetisirungsprozessen hervorgerufen wird. Giebt man dem Kern einen hinreichend kleinen Durchmesser, so können Wirbelströme nicht zu Stande kommen; die Erwärmung und damit auch die Temperaturerhöhung des Drahtes ist in diesem Fall der Zahl der Magnetisirungszyklen pro Sekunde proportional.



In der Figur ist *F* ein Stahldraht, der sich im Kraftfelde des vom Wechselstrom durchströmten Solenoïds *M* befindet. Das Ende des Drahtes ist an einem Hebel *H* befestigt, der durch die Feder *e* den Draht gespannt erhält und in seinem Drehpunkt *a* mit dem totalreflektirenden Prisma *P* starr verbunden ist. Mit Fernrohr und Skale wird auf diese Weise die durch die Temperaturerhöhung bewirkte Ausdehnung des Drahtes und damit die Wechselzahl gemessen.

Zur Bestimmung der Proportionalitätskonstanten des Apparates giebt Meyer eine Theorie, die nicht zutreffend ist. Hopkinson hat für die von Meyer benutzte Stahlsorte die bei einem vollständigen Magnetisirungsprozess pro cm^3 verbrauchte Energie in *Erg* gemessen. Aus dieser Zahl berechnet nun der Verfasser in einfacher Weise die Temperaturerhöhung, die der Draht bei einem Magnetisirungszyklus erfährt. Durch Multiplikation mit

[1]) Aus *Elektrotechn. Zeitschr.* **17.** *S. 751. 1896.*

der Zahl der magnetischen Zyklen pro Sekunde glaubt er dann die durch das Instrument angezeigte Temperaturerhöhung zu messen; thatsächlich bedeutet diese Zahl aber nichts, als die in einer Sekunde auftretende Temperaturerhöhung für den Fall, dass keine Wärmeverluste eintreten. Dagegen misst man thatsächlich den Ueberschuss der durch Magnetisirung erzeugten Wärme über die durch Leitung und Strahlung bedingten Verluste. Wollte man aus den Konstanten des Apparates die Wechselzahl bestimmen, so könnte dies nur durch eine kalorimetrische Methode geschehen, wie sie zuerst von Warburg und Hönig (*Wied. Ann.* **20.** *S. 814. 1883*) angegeben wurde. Trotzdem kann das Instrument ein werthvoller Apparat zur Messung hoher Wechselzahlen werden, wenn es, ähnlich wie bei den bekannten Hitzdrahtstrommessern, sorgfältig kalibrirt worden ist.

Messungen mit dem Apparate hat der Verfasser nicht mitgetheilt; die Arbeit ist als eine vorläufige bezeichnet, in der es ihm hauptsächlich darauf ankam, „einen neuen Weg zur Bestimmung der Wechselzahl oszillirender Ströme anzudeuten". *E. O.*

Das Streckenmessen in polygonalen Zügen.

Von Ingenieur A. Tichý. *Zeitschr. d. Oesterr. Ing. und Arch. Vereins* **48.** *S. 413 u. 429. 1896.*

Der um die Verfeinerung der optischen Entfernungsmessung vielfach bemühte Verfasser betont im Eingang, dass die Polygonseiten mit so grosser Genauigkeit gemessen werden müssen, dass die bis jetzt vorhandenen Instrumente nach seiner Ansicht hierfür nicht ausreichen, sodass vorläufig nur direkte Messung übrig bleibt, an deren seitherigen Methoden übrigens der Verf. allerlei auszusetzen findet. Insbesondere soll mit dem (an beiden Enden freihändig gehaltenen!?) Stahlmessband „selbst in günstigem Terrain" in der Regel eine über $^1/_{1000}$ hinausgehende Genauigkeit nicht erreicht werden. Es werden aber nur Wenige geneigt sein, den Vorschlägen des Verf. zu besserer Stahlbandmessung zu folgen. Was nun aber die optische Distanzmessung angeht, so scheint nach dem Verf. der „klare Einblick in das innerste Wesen" dieser „Kunst" „dermalen noch nicht so recht Gemeingut der technischen Welt" zu sein. Er schliesst dies daraus, dass die Ingenieure sich mit den bis jetzt vorhandenen Instrumenten begnügen. Abermals ein Beispiel zu der hier üblichen Vermengung zweier Dinge, die nichts oder wenig mit einander zu thun haben: der *topographischen* Tachymetrie des Ingenieurs und Topographen, bei der es auf alles eher als auf „Genauigkeit" ankommt, und den Bestrebungen, die vor allem die Genauigkeit der Distanzmessung in den Vordergrund stellen müssen. Die Präzisionsepoche, die der Verf. in seinem historischen Ueberblick mit Porro abschliesst und nach der, mit dem Eintritt der Epoche der allgemeinen grossen Eisenbahn-Bauthätigkeit, „Ziele und Zwecke des Fadendistanzmessers plötzlich in eine andere, von den Intentionen Reichenbach's und seiner Vorgänger sehr verschiedene Richtung gerathen" sind, ist eben durch diese, für Vorarbeiten und die ganze topographische Tachymetrie viel wichtigere Richtung in sehr leicht verständlicher Weise abgelöst worden, wenn man auch die Vernachlässigung der zweiten (ursprünglichen) „Richtung", den „allgemeinen Verfall" der „Distanzmesskunst", bedauern kann: es waren eben in jener Zeit *andere* Fragen der Tachymetrie zu lösen als ihre Anwendung auf Katastermessungen oder auf die Seiten von Polygonzügen zu Bauingenieurzwecken. Diese Seiten mass man direkt mit Latten und nivellirte die Linie dann getrennt von der Horizontalmessung, und diese Trennung der Arbeit für den grundlegenden Zug ist heute noch zu empfehlen; oder will der Verf. das Nivelliren auch hier entbehrlich machen? Wenn nicht, ist dann Horizontalmessung + Nivellement so sehr an Arbeitsaufwand verschieden, ob man die Zugseiten direkt oder optisch misst? Für die tachymetrisch zu messenden Höhenpunkte der (Flächen-) Höhenaufnahmen aber sind feine, „genaue" Distanzmessungs-Instrumente nicht allein nicht wünschenswerth, sondern vielfach unbrauchbar, *hier* kommt es *nicht* in erster Linie auf Genauigkeit an. — In der Folge bringt dann der Verf. für den Präzisions-Fadendistanzmesser sehr ausführliche Erörterungen über zusammengehörige, für jeden Fall zweckmässigste Fadenstärke, Vergrösserung, Oeffnung und Objektivbrennweite im Fernrohr mit z. B. folgendem Ergebniss: Faden-(Strich-) Stärke $1^1/_2\,\mu$, Vergrösserung 29, Oeffnung 39 *mm*, Fokus 56 *cm* (also abgekürztes Fern-

rohr zu verwenden). Die vom Verf. bevorzugten sehr kleinen Faden- (Strich-) Stärken hält Ref. in manchen Fällen für mindestens unbequem, z. B. für Polygonmessung im Wald (selbst in Lichtungen). Dass sich ferner die „Ingenieurpraxis“ mit logarithmischen Lattentheilungen, allgemein gesprochen, bald befreunden werde, glaube ich nicht; die Erfahrungen von schon jetzt mehreren Jahrzehnten sprechen dagegen. — Als erster Theil des „mit Rücksicht auf die Adaptirung bestehender Instrumente neu konstruirten, qualifizirten Fadendistanzmessers“ des Verfassers wird dann ein Glasmikrometer vorgeführt, auf das ich hier vorläufig nicht eingehen will; es wird abzuwarten sein, bis dieses Mikrometer und die zugehörige logarithmische Latte ausgeführt sind und bis der Praxis entnommene Messungsresultate vorliegen (*hier* kann der im nachstehenden Referat besprochene Temperatureinfluss eine grosse Rolle spielen), ehe ein Urtheil über dieses qualifizirte Instrument möglich ist. Ref. leugnet nicht, dass er den in Aussicht gestellten weitern Mittheilungen des Verf. mit Interesse entgegensieht. — Unterlassen möchte ich auch nicht zu erwähnen, dass der Verf. am Schluss ausdrücklich betont, dass es niemals seine „direkte Intention war, die landläufigen Methoden der rohen Terrainkotirungs-Tachymetrie zu verbessern“, sondern dass seine auf „Veredlung der optischen Distanzmesskunst gerichtete Spekulation“ (— diese und die vorhergehenden wörtlichen Anführungen als Specimen der Sprache des Verfassers —) auf den Beweis ausging, dass die optische Distanzmessung noch für viele Aufgaben mit Nutzen angewandt werden könnte, in denen sie bis jetzt „wegen der konventionellen Mängel des landläufigen Instrumenten-Inventars“ versagt. Man kann und wird dies dem Verf. gern zugeben; lasse er aber neben seiner Veredlungsspekulation nur auch jene roheren Methoden direkt oder indirekt bestehen, ja lasse er sie z. Th. weiter verrohen! Jene rohe, von der Höhe der Distanzmess-*Kunst* aus als Banausen-Arbeit erscheinende Tachymetrie ist ebenso nothwendig, ja — ich hoffe den Verf. nicht zu erschrecken, wenn ich sage —, sie war für die letzten Jahrzehnte und ist für die nächsten Jahrzehnte immer noch zunächst nothwendiger und wichtiger, als die weitere Veredlung einer *andern* Seite der optischen Distanzmessung. *Hammer.*

Beobachtungen über die durch die Temperaturveränderungen hervorgerufenen Fehler geodätischer Instrumente.

Von F. A. Aimo. *Compt. rend.* **122.** *S. 1323. 1896.*

Der Aufsatz beschäftigt sich mit der Veränderung der Empfindlichkeit oder besser Beweglichkeit der Libellenblase infolge grösserer Temperaturveränderungen (bei hohen Temperaturen sind bekanntlich die dann kleinen Blasen sehr träge) und mit den Einflüssen hoher Temperaturen (strahlender Wärme) auf die geodätischen Feldinstrumente überhaupt. Von einem Nivellement mit gut untersuchtem Instrument und gleich langen Rück- und Vorblicken (die allerdings 100 *m*, d. h. nach unsern Begriffen zu lang waren) bei Anwendung aller Vorsichtsmaassregeln ausgeführt (schönes Wetter, gute Senkrechtstellung der Latte, sehr feste Wechselpunkte) wird berichtet, dass der Unterschied zwischen den Resultaten Mittags und Abends auf derselben Kilometerstrecke oft 25 *mm* erreicht habe. Der Verf. möchte diesen Betrag vorzugsweise äussern Umständen, vor allem der Wärmewirkung zuschreiben; die „Legende“ der Nivellements von mehreren hundert *km* Länge, deren Ergebnisse auf wenige *cm* übereinstimmen, müsse verschwinden. Dass die Fehlerquellen, die durch starke Erhitzung der geodätischen Feldinstrumente entstehen, oft nicht genügend gewürdigt werden, ist zweifellos; dass der Verf. ihre Wirkung überschätzt, aber wohl ebenfalls.

Hammer.

Zur Geschichte der Schiebetachymeter.

Von Ing. Puller. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 375. 1896.*

Verf. beschreibt ein Instrument zur unmittelbaren Ablesung von horizontaler Entfernung und Höhe von Geometer Kiefer, das älter zu sein scheint (1865) als Wagner's Tachygraphometer (1868) und als Kreuter's Schnellkotir-Instrument (Anfang der 70-er Jahre). Das Instrument ist seiner Zeit von Breithaupt & Sohn in Cassel ausgeführt worden; das abgebildete Instrument stammt allerdings erst aus dem Jahr 1873. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Leo Grunmach, Lehrbuch der magnetischen und elektrischen Maasseinheiten, Messmethoden und Messapparate. gr. 8°. XVI, 632 S. mit 342 Holzschnitten und vielen Tabellen. Stuttgart, F. Enke. 1895. Preis 16,00 M.

Das Lehrbuch ist aus den Vorlesungen hervorgegangen, die der Verfasser über den im Buch behandelten Gegenstand an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg gehalten hat, und ist für Studirende der Elektrotechnik bestimmt, die sich die Grundzüge der messenden Physik aneignen wollen. Es lehnt sich in vielen Beziehungen an das bekannte ausführliche Lehrbuch von Kittler an; aus Kittler stammt auch ein sehr grosser Theil der Figuren, die in grosser Menge beigegeben sind.

Nachdem in den ersten drei Kapiteln die Fundamentaleinheiten definirt und der Aufbau des absoluten Maasssystems an den Einheiten der Mechanik erläutert ist, werden in den folgenden beiden Kapiteln die magnetischen Maasseinheiten und Messmethoden behandelt; in derselben Anordnung folgt dann die Elektrostatik. Die nächsten Kapitel behandeln die elektromagnetischen Maasseinheiten und Messmethoden. Dabei sind besondere Kapitel der Strommessung, der Messung von Widerständen, von elektromotorischen Kräften, von Kapazitäten und Induktionskoëffizienten gewidmet. Das Schlusskapitel behandelt die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen elektrischen Maasssysteme. Als Anhang ist ein Abschnitt über Photometrie hinzugefügt.

In der Darstellung hat der Verfasser im Allgemeinen den historischen Weg eingeschlagen und ist hierin nach Ansicht des Referenten theilweise zu weit gegangen. Am störendsten tritt dies im Kapitel über Magnetismus hervor. Das magnetische Fluidum ist hier die Grundanschauung, von der ausgegangen wird und aus der die magnetischen Begriffe abgeleitet werden; erst ganz zum Schluss wird auf die „Analogie zum Ohm'schen Gesetz" hingewiesen und gewissermaassen als Anhängsel der wichtige Begriff des magnetischen Kreises definirt, ohne dass seine Anwendbarkeit weiter erläutert wird. Auf die Einführung des Begriffs der „Entmagnetisirung", die gewiss jedem Elektrotechniker bekannt sein sollte, ist ganz Verzicht geleistet. Von den magnetischen Messmethoden sind alsdann etwa 30 Seiten der Bestimmung der erdmagnetischen Elemente eingeräumt; die für Techniker so überaus wichtigen Bestimmungen von Magnetisirungskurven sind auf 6 Seiten abgehandelt. Die Quincke'sche Manometermethode und die Messungen mittels einer Wismuthspirale sind am ausführlichsten behandelt, die ballistische und die magnetometrische Methode ist nur kurz angedeutet, dagegen fehlt ganz die Jochmethode, wonach jetzt wohl die meisten Messungen in der Praxis ausgeführt werden, und die du Bois'sche Waage, deren Einführung sich mehr und mehr verbreitet.

Demgegenüber ist anzuerkennen, dass in anderen Kapiteln die Darstellung bis zu den neuesten Konstruktionsformen durchgeführt ist und die Werthe der Konstanten den neuesten und besten Beobachtungen entnommen sind. *E. O.*

P. Jannasch, Praktischer Leitfaden der Gewichtsanalyse. gr. 8°. XII, 314 S. m. Abbildgn. Leipzig, Veit & Co. Geb. in Leinw. 6,50 M.

Poggendorff's Handwörterbuch z. Gesch. d. exakten Wiss. 3. Bd. 2. bis 6. Lfg. Leipzig, J. A. Barth. Je 3,00 M.

S. P. Thompson, Die dynamoelektr. Maschinen. 5. Aufl. 6. u. 7. Heft. Halle, W. Knapp. Je 2,00 M.

W. Bersch, Handbuch d. Maass-Analyse. Umfassend das gesammte Gebiet d. Titrirmethoden. 8°. XVI, 536 S. m. 69 Abbildgn. Wien, A. Hartleben. 7,20 M.; geb. 8,00 M.

Fortschritte der Physik im J. 1895. Dargestellt von der physikal. Gesellschaft zu Berlin. 51. Jahrg. 2. Abth. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

2. Physik des Aethers. Red. v. R. Börnstein. XLVII, 843 S. 30,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **März 1897.** Drittes Heft.

Ueber ein hochempfindliches Quadrantenelektrometer.

Von
F. Dolezalek.
(Mittheilung aus dem Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie zu Göttingen.)

Vor Kurzem haben Herr Professor Nernst und ich¹) eine neue Form des Quadrantenelektrometers beschrieben, die man passend als *Säulenelektrometer* bezeichnen kann, weil bei ihr eine kleine, an einem Quarzfaden aufgehängte trockene Säule als Elektrometernadel dient. Da die Versuche jetzt zum Abschluss gelangt sind und günstige Resultate geliefert haben, so will ich an dieser Stelle eine eingehendere Beschreibung dieses Instrumentes geben, und zwar zuerst seiner mechanischen Konstruktion, sodann seiner Konstanten und der Messungsmethoden. Das Instrument wird in den Werkstätten für Präzisionsmechanik und Optik von Herrn Bartels in Göttingen in zwei konstruktiv von einander verschiedenen Modellen ausgeführt.

Modell I.

(Fig. 1 bis 4, $^1/_3$ nat. Grösse.)

Wie bereits *a. a. O.* auseinandergesetzt, beruht der Hauptvorzug unseres Elektrometers, nämlich seine grosse Empfindlichkeit, darauf, dass jede Zuleitung zu den Elektrometernadeln vermieden ist, indem der Ladungsapparat in Form einer trockenen Säule selbst zur Aufhängung gelangt.

Die ersten Versuche, als Ladungsapparat eine kleine trockene Säule aus Gold- und Silberpapierblättchen zu verwenden, scheiterten daran, dass die Spannung derartiger Säulen sehr schnell mit der Grösse der Blättchen abnimmt²). Erst als ich die in ihrer Entwickelung gegenüber den galvanischen Elementen ziemlich vernachlässigte trockene Säule dadurch wirksamer machte, dass ich das inkonstante Element Zinn-Kupfer durch ein Element mit kräftigem Depolarisator ersetzte, nämlich durch die Kombination Zinn-Bleisuperoxyd (letzteres elektrolytisch dargestellt), war die Möglichkeit gegeben, hinreichend kleine und doch kräftige Säulen herzustellen. (Näheres siehe *a. a. O.*) Die Spannung derselben zeigte sich in der That fast ganz unabhängig von der Grösse der Blättchen; eine Säule von nur 1 *mm* Durchmesser gab am Goldblattelektroskop einen nur wenig kleineren Ausschlag als eine solche von gleicher Plattenzahl und 2 *cm* Durchmesser, woraus zu schliessen ist, dass die

¹) *Zeitschr. f. Elektrochemie* **3.** *S. 1. 1896; Elektrotechn. Zeitschr.* **17.** *S. 471. 1896.*

²) Hierauf dürfte auch der Misserfolg der Versuche des Herrn Boys (*Nature* **44.** *S. 262. 1891*) zurückzuführen sein. Die Säule schwebte in horizontaler Lage in den Quadranten, war also mit grosser Trägheit behaftet. Die Angaben des Instrumentes waren ganz unzuverlässig, die Empfindlichkeit nur $^1/_{200}$ derjenigen von Modell I. Boys ging daher später von der Verwendung einer trockenen Säule wieder ab.

mangelhafte Wirkung der Zamboni'schen Säulen vorzüglich in ihrer Polarisation begründet ist. Die Bleisuperoxyd-Säule besitzt ausserdem die 10- bis 20-fache Spannung der Gold-Silberpapiersäulen und ersetzt diese daher auch für andere Zwecke überall da mit Vortheil, wo es auf kräftige und konstante Wirkung ankommt. In dem Glastechnischen Institut von L. Müller-Unkel in Braunschweig werden gegenwärtig solche Säulen in verschiedenen Grössen hergestellt.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, besteht die bei dem Elektrometer verwandte Form der Säule *S* aus einem innen und aussen gut mit Schellack überzogenen Glasröhrchen *g*, in welches die Papierscheibchen mittels einer einfachen mechanischen Vorrichtung in verhältnissmässig kurzer Zeit eingefüllt werden können. An den Enden ist das Röhrchen durch zwei unter Pressung eingekittete Aluminiumstifte *s* verschlossen, an welchen mittels kleiner Aluminiummuttern die beiden Quadrantennadeln N_1 und N_2 in horizontaler Lage befestigt sind. Die Säule selbst hängt vertikal, um ihr Trägheitsmoment möglichst herabzudrücken. Der Ablesespiegel *l* war bei den ersten Versuchen an einer über die Röhre geschobenen Aluminiumfassung befestigt. Da jedoch die hierdurch bedingte geringe Schiefstellung der Säule schon eine merkliche Vergrösserung der Trägheit verursachte, werden gegenwärtig die Säulen in der Mitte getheilt und die Theile durch ein Aluminiumstück *f* leitend verbunden; dieses ist für den Spiegel so ausgeschnitten, dass die Masse des Ganzen um die Drehachse gleichmässig vertheilt ist. Die Säule ist 9 bis 10 *cm* lang. Bei den ersten Versuchen benutzte ich Säulen von 4 *mm* Durchmesser, die jedoch ein grosses Trägheitsmoment und eine unbequem grosse Schwingungsdauer zeigten. Säulen von nur 1 *mm* Durchmesser waren deshalb unzweckmässig, weil sie sich in Folge der geringsten Unsymmetrie in der Massenvertheilung schief stellten, auch liess die Konstanz der Ladung zu wünschen übrig. Die günstigsten Resultate ergaben Säulen von etwa 3 *mm* Stärke, deren Gewicht mit Spiegel und Nadeln nur etwa 1,5 *g* beträgt.

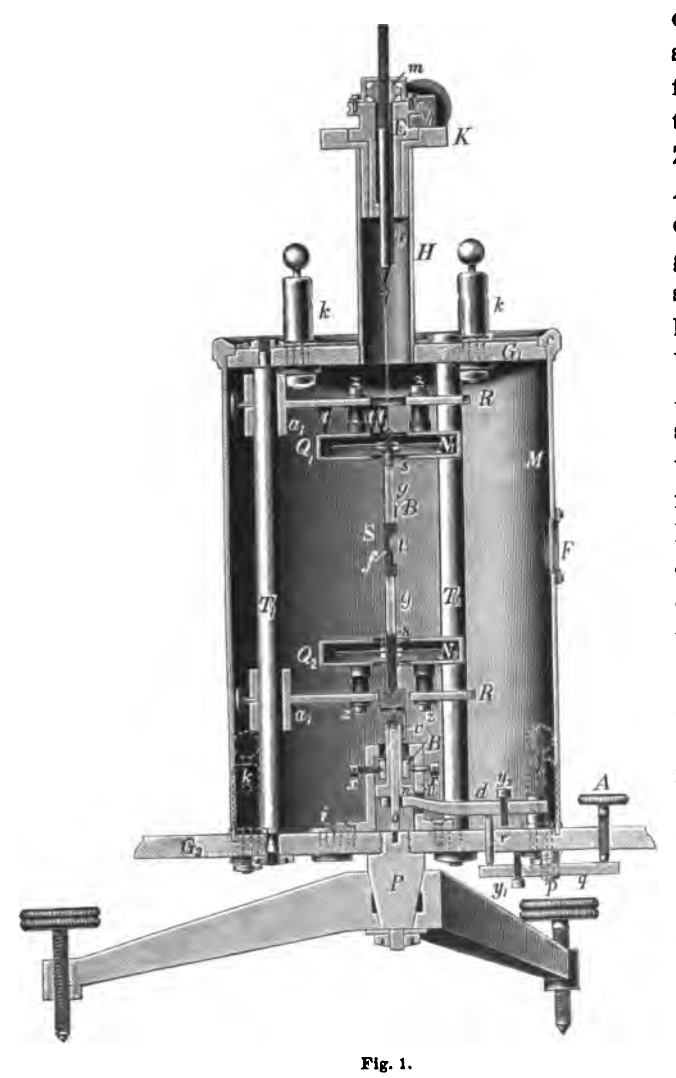


Fig. 1.

Die Quadrantennadeln (N_1 und N_2) sind aus Aluminiumblech von 0,08 *mm* Dicke in der bekannten Maxwell'schen Form ausgeführt; sie schweben in den Qua-

drantenschachteln Q_1 und Q_2, welche aus einem Stück ausgefräst sind. Um letztere behufs Einsetzung der Säule leicht auseinandernehmen zu können und um ihnen eine unveränderliche und gut isolirte Lage zu sichern, wird jeder Quadrant mittels einer isolirten Zugschraube *z* gegen drei kegelförmige Hartgummistifte *t* (in Fig. 1 nur an einem der oberen Quadranten gezeichnet) gepresst, welche in die Messingringe *R* eingeschraubt sind. Fig. 2 (Grundriss bei abgehobener Verschlussplatte G_1) zeigt die Lage der Zugschrauben und Stifte deutlicher. Wesentlich ist es, dass die Quadranten genau in einer Ebene liegen, die zwölf Stifte einer jeden Quadrantenschachtel müssen daher nach ihrer Befestigung auf Ring *R* gleichzeitig auf der Drehbank abgerichtet werden. Zur Einstellung der Nadeln in die Mitte der Quadranten sind die Ringe *R* mit Ansätzen a_1 a_2 a_3 versehen, welche durch die Messingstangen T_1 T_2 T_3 geführt werden. Eine der Stangen (z. B. T_1) ist besonders genau gearbeitet mit sammt der röhrenförmig verlängerten Führung a_1. Durch sie wird den Quadranten eine genaue horizontale Lage gesichert, während die Ansätze a_2 und a_3 nur ein seitliches Verschieben verhindern und nach Anziehen der zugehörigen Schrauben dem Ganzen eine stabilere Lage verleihen sollen.

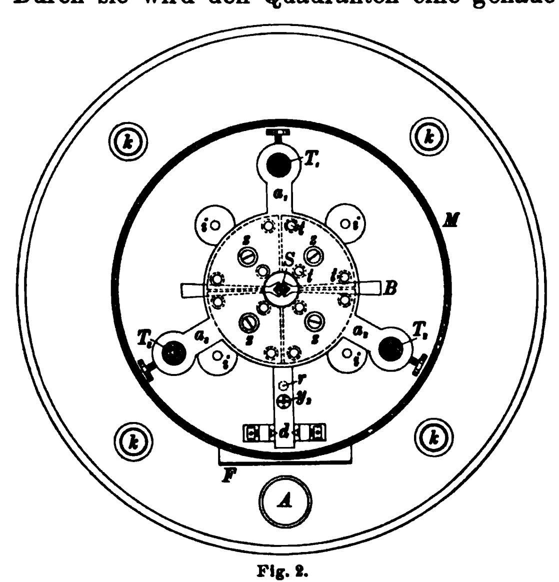


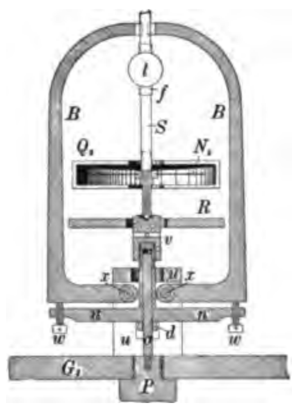
Fig. 2.

Die Führungsstangen dienen gleichzeitig als Träger für die obere Verschlussplatte G_1 des Apparates. In G_1 und G_2 (Grundplatte) sind je vier durch Ebonitmuffen isolirte Klemmschrauben *k* eingesetzt, die mit den Quadranten durch in der Fig. 1 nicht gezeichnete Messingdrähte verbunden sind. Um die Zuleitungen zu den unteren Quadranten durch das Gehäuse hindurchzuführen, sind die Isolirungen *i* angebracht. Im Zentrum der Deckelplatte ist das Aufhängerohr *H* mit dem Torsionskopf *K* montirt, beide aus Messing. Die Höheneinstellung der Suspension geschieht durch die Kugelmutter *m*; die Leiste *e* verhindert die Verdrehung der Höhenschraube. Um den Quadrantennadeln die richtige Stellung innerhalb der Quadranten zu geben, wird der eingeschliffene Einsatz *E* mit Hülfe der Schraube ohne Ende *h* präzis verstellt. Zur bequemen Einziehung eines neuen Fadens lässt sich *E* herausnehmen; die Torsionsschraube *h* wird zu diesem Zweck nach Lösung eines in der Figur nicht sichtbaren Schräubchens seitlich von der Mutter abgeschoben. Die Befestigung des Quarzfadens an der Höhenschraube geschah anfangs durch eine genau gearbeitete Klemme; da jedoch diese Befestigungsweise wegen der äusserst geringen Stärke des Quarzfadens Vielen Schwierigkeiten bereitet, so benutzen wir jetzt die einfachste Befestigung mittels zweier Aluminiumhäkchen. Das Ankitten des Quarzfadens an dieselben macht nur geringe Mühe. Die bei dieser Anordnung bestehende Gefahr des Gleitens der Häkchen in einander wird leicht durch Anwendung eckiger Formen umgangen.

Zum Schutz gegen Luftzug und elektrostatische Störungen ist der ganze Apparat mit einem zylindrischen und nach oben leicht abhebbaren Messingmantel *M* verschlossen, welcher das Ablesefenster *F* trägt. Das über die Verschlussplatte

greifende Gesimse *c* und eine in die Grundplatte eingedrehte Nuth sichern einen genügend dichten Abschluss.

Eine recht schwierige Aufgabe war es, für die Arretirung des Apparates eine passende Konstruktion zu finden. Die bei den Galvanometern gebräuchlichen Anordnungen konnten nicht verwandt werden, weil die Quarzfäden nicht nur gegen Zug, sondern auch gegen Biegungsbeanspruchungen sehr empfindlich sind und die Säule durch die Arretirung in absolut isolirter Stellung gehalten werden muss. Dieses Problem ist durch den Mechaniker unseres Instituts, Herrn Schlüter, in folgender sinnreicher Weise auf das vollkommenste gelöst worden. Fig. 3 zeigt einen normal gegen Fig. 1 gelegten vertikalen Schnitt durch die wesentlichsten Theile dieser Arretirung und den zugehörigen Grundriss. Die Säule *S* wird zuerst von unten ein wenig angehoben und dann seitlich oberhalb des Spiegels durch zwei Arme *B* gefasst. Beide Bewegungen werden durch Verstellen der ausserhalb des Gehäuses befindlichen Schraube *A* (Fig. 1) ausgeführt. Ein um *p* drehbarer Hebel *q* überträgt nämlich die Bewegung der Schraube *A* unter Vermittlung des Stiftes *r* auf den im Innern des Apparates befindlichen einarmigen Hebel *d*, welcher seinerseits die auf dem Stift *o* geführte Hülse *n* und mit ihr zugleich die zwischen den Messingbacken *u* gleitende Schiene *n* in die Höhe schiebt. An dem oberen Ende der Hülse ist der Ebonitstift *v* angeschraubt, der bei der Arretirung die Säule von unten anhebt, während die Schiene *n* (Fig. 3) durch die Schrauben *w* die um Spitzenschrauben *x* drehbaren Arme *B* fasst und dieselben seitlich an die Säule anlegt. Das gleichzeitige Angreifen beider Arme wird durch die Schrauben *w* (Fig. 3) eingestellt, während die Schraube y_1 (Fig. 1) ein zu starkes Anpressen der Arme gegen die Säule, und y_2 ein zu weites Auseinandergehen derselben bei Lösung der Arretirung verhindert. Die Hubhöhe wird durch Verschrauben des Hartgummistiftes *v* genau regulirt.



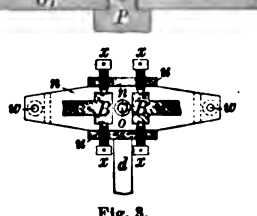


Fig. 3.

Die beschriebene Arretirung macht das Instrument trotz der geringen Haltbarkeit des Quarzfadens ebenso transportabel wie ein gut arretirtes Galvanometer. Beispielsweise blieben bei der Versendung zweier Instrumente (Modell I u. II) als Personengut von Göttingen nach Stuttgart beide Quarzfäden unversehrt. Die Arretirung wird bei Herstellung des Instrumentes für die zugehörige Säule gleich ein für alle mal eingestellt.

Um auch die Arbeit des Einsetzens eines neuen Quarzfadens nach Möglichkeit zu erleichtern, werden Quarzfäden mit angekitteten Aluminiumhäkchen geliefert, welche auf eine Tragfähigkeit von 3 *g* geprüft sind[1]). Das Einziehen eines neuen Fadens ist dann sehr schnell in folgender Weise ausgeführt. Die Säule wird arretirt, der Mantel abgehoben und der Quarzfaden an die mit dem Einsatz *E* herausgenommene Höhenschraube angehängt. *E* wird wieder eingesetzt und durch Höhenverstellung mittels Mutter *m* das untere Quarzfadenhäkchen so in den oberen Haken der Säule eingehakt, dass diese sich bei Entarretirung nur um etwa 1 *mm* senken kann.

[1]) Solche mit Häkchen versehene und geprüfte Quarzfäden (aus Bergkrystall hergestellt) können von Hrn. Mechaniker Schlüter oder Hrn. Mechaniker Bartels (Göttingen) zum Preise von 6 M. pro Dutzend (incl. Verpackung), Quarzfäden zum Selbstankitten zum Preise von nur 4 M. pro 100 Stück bezogen werden.

Das so gefürchtete Einziehen eines Quarzfadens bietet so nicht grössere Schwierigkeiten als etwa das Einziehen eines Cocons in ein Galvanometer. Gebrauchsfertig macht man das Elektrometer, indem man nun die Arretirung löst, das Instrument senkrecht stellt (Visirung längs der Quadrantenschnitte), den Schutzmantel überschiebt (vorher arretiren!), die Quadranten kurz schliesst und bei gelöster Arretirung die Säule mittels der Schraube *h* in die richtige Lage dreht.

Für die Konstanz der Empfindlichkeit ist es erforderlich, in das Instrument ein metallenes *Chlorcalciumgefäss* zu setzen. Das ganze Instrument ruht auf einem Dreifuss und ist vermöge des Konus *P* um seine Achse drehbar. — Preis 250 M.

Modell II.

(Fig. 4 bis 8, 1/3 nat. Grösse.)

Das oben beschriebene Präzisionsinstrument dürfte für manche Zwecke unnöthig theuer sein; ich habe deshalb dem Säulenelektrometer noch eine zweite einfachere und billigere Form gegeben,[1] die in vielen Fällen, vorzüglich als Nullinstrument, hinreichend gute Dienste leisten wird. Natürlich geschah diese Vereinfachung auf Kosten der Empfindlichkeit und Güte. Die Quadrantenschachteln des Modell I sind hier, analog dem Edelmann'schen Elektrometer, durch vier Röhrensegmente (Fig. 6) ersetzt. Je zwei gegenüberliegende Segmente sind durch einen Ring *R* mit einander verbunden. Die beiden Theile der Röhre werden durch eine einige zehntel *mm* breite Spalte (in der Fig. breiter gezeichnet) von einander getrennt und durch einen übergeschobenen Hartgummiring *H* (Fig. 4 und 8) in isolirter Lage erhalten.

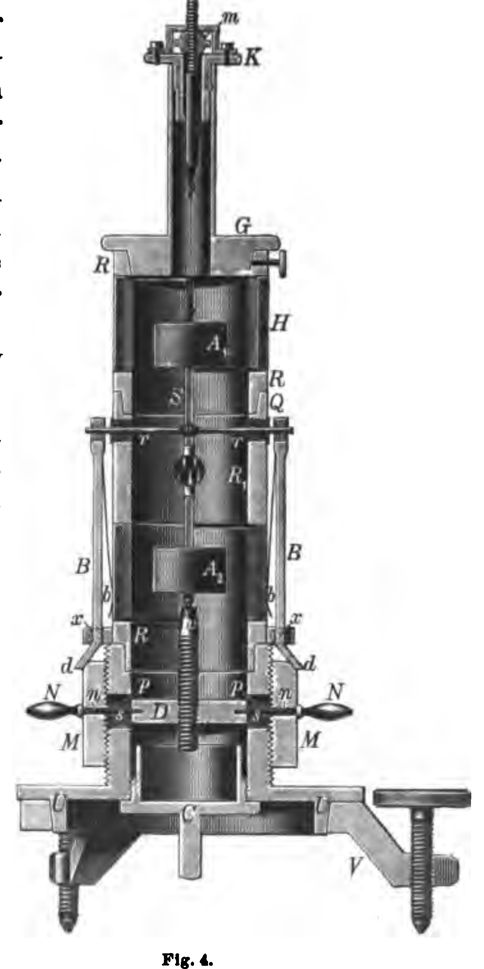


Fig. 4.

Innerhalb zweier solcher durch einen verbreiterten Ring R_1 zu einer einzigen Röhre verbundenen Segmentpaare schwebt die trockene Säule *S*, die an ihren Polen als Nadeln A_1 und A_2 Z-förmig gebogene Aluminiumblechstreifen (0,08 *mm* stark) trägt. (Ansicht Fig. 4, Schnitt Fig. 7 und 8.) Im Uebrigen unterscheidet sich die Säule nicht von der oben beschriebenen. Die Nadeln sind 15 *mm* hoch und stehen in der Breite eines Segmentes in einem Abstand von 2 *mm* der Röhrenwand gegenüber, wodurch gute Proportionalität der Ausschläge erzielt wird. Festigkeit gegen Verbiegung erhalten die Nadeln durch Umlegen des Blechrandes. Werden die beiden von einander isolirten Theile eines Quadranten auf verschiedenes Potential gebracht, so erhält die Nadel A_1 einen bestimmten Drehungsimpuls (vgl. die schematische Fig. 7). In gleichem Sinn wird die untere, entgegengesetzt geladene Nadel A_2 gedreht, da die zugehörigen Segmente um 90° gegen die gleich geladenen des oberen Quadranten verstellt sind.

Als oberer Verschluss des Apparates dient der konisch eingesetzte Metalldeckel *G*, welcher das Suspensionsrohr (für Coconaufhängung ist dasselbe etwa 2-mal so lang wie in der Figur dargestellt) und den Kopf *K* mit der Höheneinstellung trägt. Die Einrichtung desselben ähnelt der oben beschriebenen; die Torsionseinstellung der Nadel geschieht hier jedoch durch Verdrehen des konischen Deckels *G*, was sich bei dessen grossem Durchmesser leicht mit genügender Genauigkeit ausführen lässt. Aus einem unten zu erörternden Grunde kann der obere Quadrant gegen den unteren um einen an der Theilung 0—0 (Fig. 5) ablesbaren Betrag mittels des konischen Einsatzes *Q* (Fig. 4) verstellt werden. Die Befestigung des Quarzfadens geschieht hier ebenso wie bei Modell I durch zwei Aluminiumhäkchen.



Fig. 5.

Die Arretirungsvorrichtung dieses Modells (gleichfalls von Herrn Schlüter konstruirt), konnte weit einfacher als bei Modell I ausgeführt werden, ohne an Sicherheit zu verlieren. Die Säule wird auch hier erst von unten ein wenig gehoben und dann seitlich gefasst. Beide Bewegungen geschehen durch das Hochschrauben der grossen, mit den Griffen *N* versehenen Mutter *M*. Dieselbe hebt nämlich durch eine eingedrehte Nuth *n* (Fig. 4) mit Hülfe der Stifte *s*, welche in den Vertikalspalten *p* laufen, ein Speichenrad *D* hoch, in dessen Mitte der aus Ebonit gefertigte Hubstift *v* eingeschraubt ist. Hat letzterer die Säule ein wenig gehoben, so greift die Mutter unter die kurzen Arme *d* der um *x* in Spitzenschrauben drehbaren Hebel *B* und drückt dadurch die gabelförmig endenden Stifte *r* (durch Ebonitmuffen vom Ring R_1 isolirt) gegen die Säule. Beim Herabschrauben der Arretirungsmutter *M* entfernt sich sowohl der Hubstift *v* genügend weit von der unteren Spitze der Säule, als auch werden die Stifte *r* durch die Blattfedern *b* aus dem Apparat herausgezogen, wobei sich die verbreiterten Greifgabeln in die eingedrehten Ebonitmuffen einlegen, sodass durch die Arretirung keine störenden Richtkräfte auf die Säule ausgeübt werden können. Die Einstellung der Arretirung geschieht nach dem Abschrauben des Chlorcalciumgefässes *C* von unten durch Verschrauben des Hartgummistiftes *v*.

Zwecks Einziehung eines neuen Fadens schraubt man die Arretirung vollständig zurück, nimmt Säule und Deckel *G* heraus, hängt den Quarzfaden an die Höhenschraube und hakt das etwa 1 *cm* aus dem Suspensionsrohr heraushängende untere Quarzfadenhäkchen in die passend aufgestellte Säule ein. Das Wiedereinsetzen des Deckels mit daran hängender Säule ist unter Drehen vorsichtig auszuführen, da jede plötzliche Erschütterung den Quarzfaden zerreisst. Die genaue Höheneinstellung der

Säule geschieht nun sehr einfach dadurch, dass man durch zwei der diametral gegenüberliegenden Glimmerfenster *f* hindurchvisirt und die untere Spitze der Säule mit Hülfe der Kugelmutter *m* auf die Horizontalstriche der Fenster einstellt, für welche Höhenlage die Arretirung bei Herstellung des Instrumentes justirt ist. Die Vertikalstellung des Apparates erfolgt durch Einvisiren der unteren Säulenspitze auf

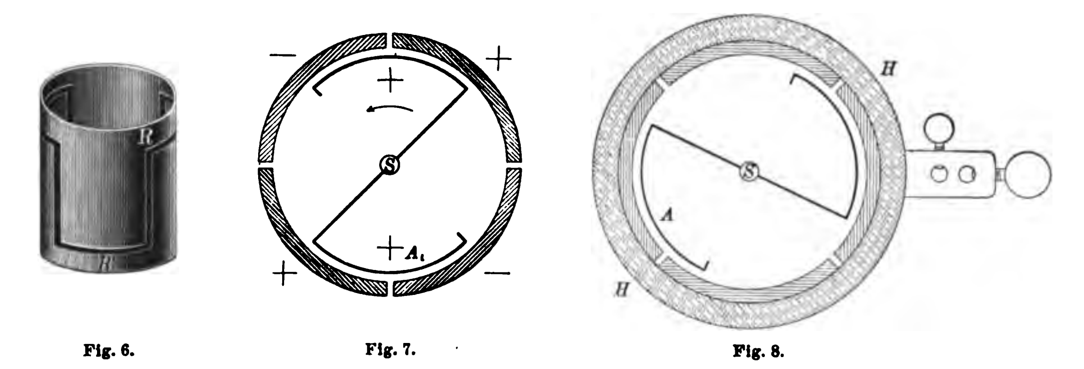


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

die Vertikalstriche der beiden um 90° versetzten Fensterpaare f_1 und f_2 (Fig. 5). Die Säule lässt sich durch diese Einrichtung sehr rasch und genau in die Achse des Instrumentes einstellen. Die mit einem konischen Ring *U* (Fig. 4) versehene Grundplatte des Apparates ist in einen ringförmigen Dreifuss *V* drehbar eingesetzt. — Preis 140 M.

Konstanten.

a) *Dämpfung*: Die Dämpfungsfrage war bei der Konstruktion des Säulenelektrometers besonders schwierig zu lösen. Die Versuche mit Luftdämpfung, die nur dann hinreichend wirksam ist, wenn sich der Dämpfungsflügel in einem dicht geschlossenen Raum bewegt, scheiterten durch die starken elektrostatischen Ladungen, welche der an irgend einer Stelle der Säule angebrachte Flügel annimmt; durch diese Ladung wurde die Nadel nämlich entweder labil oder stand unter dem Zwang so grosser Richtkräfte, dass sich die Empfindlichkeit des Apparates ganz erheblich verringerte. Flüssigkeitsdämpfung war wegen der grossen und unregelmässigen Reibungswiderstände von vorneherein ausgeschlossen. Der Versuch einer elektromagnetischen Dämpfung durch über die Quadranten geschobene kleine Hufeisenmagnete missglückte ebenfalls, weil die Nadeln sich so paramagnetisch zeigten (wahrscheinlich durch geringen Eisengehalt des Aluminiums), dass sie sich nicht durch Tordiren des Quarzfadens einstellen liessen. Es blieb folglich nichts weiter übrig, als sich auf die Luftreibung der Nadeln zu beschränken. Um diese hinreichend wirksam zu machen, musste das Trägheitsmoment der Säule in der erwähnten Weise so viel wie möglich vermindert werden. Durch die oben angegebenen Dimensionen von Säule und Nadeln ist es in der That gelungen, ein mittleres Dämpfungsverhältniss von 4,5 (log. Dekrement 0,653) bei Modell I und von 3,2 (log. Dekr. 0,505) bei Modell II zu erreichen. Die Nadel des ersteren stellt sich nach etwa 4, die des zweiten nach etwa 6 Schwingungen auf die Ruhelage ein, eine Dämpfung, wie sie bei einem guten, hochempfindlichen Galvanometer zu sein pflegt.

b) *Empfindlichkeit und Schwingungsdauer*: Da die Ausschläge des Säulenelektrometers durch die Gleichheit der Drehungsmomente der elektrostatischen Kräfte mit der Torsionskraft des Quarzfadens bestimmt sind, und letztere mit der vierten Potenz des Fadendurchmessers ansteigt, so ist klar, dass die Empfindlichkeit und die Schwingungs-

dauer des Instrumentes mit der zufälligen Stärke des Quarzfadens erheblich variirt. Bei Anwendung eines Fadens von einer Tragfähigkeit des doppelten Säulengewichtes und von 4 *cm* Länge betrug die Empfindlichkeit bei dem üblichen Skalenabstand von 3 *m* für Modell I 90 *mm*, für Modell II 30 *mm* kommutirten Ausschlag für 0,01 *Volt*. Setzt man die Tragfähigkeit des Fadens seinem Querschnitt proportional, so ergiebt sich als obere Grenze der erreichbaren Empfindlichkeit etwa 360 *mm* bezw. 120 *mm* für 0,01 *Volt*. Die thatsächlich erzielten maximalen Empfindlichkeiten betrugen 150 *mm* und 93 *mm*, doch waren hierbei die Quarzfäden bei weitem nicht auf ihre volle Zugfestigkeit beansprucht. Die angegebenen Werthe für Modell I beziehen sich auf Einstellung des Instrumentes auf maximale Proportionalität der Ausschläge (Nadeln in der Mitte der Quadranten); durch Annäherung der Nadeln an die eine Quadrantenfläche liess sich die Empfindlichkeit bis auf 200 *mm* für 0,01 *Volt* steigern. Die Ablesung der zehntel Skalentheile, welche bei erschütterungsfreier Aufstellung des Instrumentes noch einen gut definirten Werth besitzen, gestattet daher noch 1.10^{-5} *Volt* bis 5.10^{-6} *Volt* nachzuweisen. Die Empfindlichkeit des Säulenelektrometers übertrifft mithin alle bisherigen Konstruktionen sehr erheblich, das gewöhnliche Thomson'sche Elektrometer um etwa das 100-fache, diejenige des Kapillarelektrometers um etwa das 20-fache. Was die Konstanz der Empfindlichkeit anbetrifft, so können hierüber noch keine genauen Angaben gemacht werden, da wegen der Versuche das Instrument nie länger als vier Wochen unverändert blieb. Während dieser Zeit zeigte es sich, dass die Empfindlichkeit nach dem Einsetzen einer neuen Säule innerhalb der ersten Woche um etwa 10 % sank, um sich dann während der folgenden 3 Wochen nur um etwa 2 % zu ändern, abgesehen von den täglichen durch Temperaturwechsel bedingten Schwankungen, welche bis zu 5 % betragen können. Ein länger (wochenlang) dauernder Kurzschluss der Säulenpole (z. B. durch Reissen des Quarzfadens bei gelöster Arretirung und Hängen der Säule in den kurz geschlossenen Quadranten verursacht) bringt natürlich eine erhebliche Verminderung der Empfindlichkeit mit sich, und muss die Säule zur Erreichung der ursprünglichen Empfindlichkeit neu gefüllt werden. Für einige Stunden kann die Empfindlichkeit (vorzüglich bei Modell I) als *absolut konstant* angesehen werden, was für wissenschaftliche Messungen bekanntlich völlig ausreichend ist. Die Schwingungsdauer beträgt bei Modell I bei einer Empfindlichkeit von 90 *mm* 20 Sek., bei einer solchen von 150 *mm* etwa 30 Sek.; Modell II zeigte bei den Empfindlichkeiten von 30 *mm* bezw. 93 *mm* eine Schwingungsdauer von 20 bezw. 34 Sek.

c) Kapazität und Isolation: Zur annähernden Bestimmung der Kapazität der Elektrometer wurden die Quadranten mit einem Luftkondensator und einem graduirten Goldblattelektroskop verbunden, hierauf auf 100 *Volt* geladen und dann die Platten des Kondensators so weit auseinandergezogen, dass das Potential auf den doppelten Werth stieg. Aus den anfänglichen und nachherigen Kapazitäten des Kondensators von 208 und 83 *cm* bezw. 208 und 94 *cm* berechnet sich diejenige der Elektrometer mit Zuleitungen zu

$$c_I = 208 - 2 \times 83 = 42\ cm = \text{ca. } 5.10^{-5}\ \textit{Mikrofarad},$$

$$c_{II} = 208 - 2 \times 94 = 20\ cm = \text{ca. } 2.10^{-5}\ \textit{Mikrofarad}.$$

Die Kapazität des Säulenelektrometers ist also nur der 10^{-5}-te Theil derjenigen des Kapillarelektrometers.

Um auch einen annähernden Begriff von der Grösse des Isolationswiderstandes zu erhalten, wurden die Instrumente, verbunden mit dem Goldblattelektroskop, auf

200 *Volt* geladen und die Zeit gemessen, nach deren Verlauf das Potential auf 100 *Volt* gefallen war; diese betrug bei Modell I 120 Sek., bei Modell II 30 Sek. Die Elektrizitätsverluste durch das Goldblattelektrometer betrugen nur einen kleinen Bruchtheil der Gesammtverluste. Die Isolationswiderstände berechnen sich daher zu

$$w_I = \frac{10^6}{c_I} \cdot \frac{120}{\ln 200 - \ln 100} = \text{ca. } 4 \,.\, 10^{12} \, Ohm,$$

$$w_{II} = \frac{10^6}{c_{II}} \cdot \frac{30}{\ln 200 - \ln 100} = \text{ca. } 2 \,.\, 10^{12} \, Ohm.$$

Diese Messungen beziehen sich auf zwei Apparate, welche schon über $^1/_2$ Jahr im Gebrauch waren; die angegebenen Zahlen stellen daher den dauernden Werth des Isolationswiderstandes dar. Durch gutes vorheriges Reinigen der Hartgummiisolirungen oder durch Verwendung von Schellackisolationen wird sich der Widerstand noch erforderlichen Falls beträchtlich erhöhen lassen.

Messungsmethoden.

Um ein klares Bild von dem Arbeiten des Säulenelektrometers zu geben, habe ich in Tabelle I eine mit Modell I ausgeführte Beobachtungsreihe bei 2,07 *m* Skalenabstand vollständig wiedergegeben, und zwar sind in der ersten Kolumne die an das Elektrometer angesetzten Potentialdifferenzen (von 0,01 bis 0,12 *Volt*) enthalten, sie wurden durch Abzweigung von dem Schliessungskreise eines grossen Weston-Normalelementes hergestellt. Kolumne 2 giebt die ersten drei Umkehrpunkte der Nadel, Kolumne 3 dieselben nach Umlegung des an den Apparat gesetzten Kommutators wieder. Die Einstellungen der Nadel nach der vierten bis fünften Schwingung sind in Reihe 5, die sich daraus ergebenden Skalenausschläge in Reihe 6 und dieselben auf den Bogen reduzirt (vgl. Kohlrausch, Leitfaden d. prakt. Physik) in Reihe 7 enthalten. Kolumne 8 giebt die Auschläge, wie sie sich bei vollkommener Proportionalität mit der Potentialdifferenz ergeben müssten, während die Zahlen der 9. Kolumne die Unterschiede zwischen diesen und den wirklich beobachteten Ausschlägen darstellen.

Tabelle I.

Potentialdifferenz *Volt*	Umkehrpunkte		Ruhelagen berechnet	Ruhelagen beobachtet	Ausschlag Skalentheile *mm*	Ausschlag auf Bogen reduzirt	Ausschlag berechnet	Differenz *mm*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	554,2	452,2	538,7	538,9				
0,01	535,0	470,2			71,6	71,57	71,57	0
	539,5	467,0	467,4	467,3				
	423,5	605,1	430,9	430,9				
0,02	433,0	566,5			143,2	143,0	143,1	+ 0,1
	430,3	575,6	573,9	574,1				
	618,0	349,5	609,7	610,0				
0,03	608,0	403,5			216,0	215,2	214,7	— 0,5
	610,0	391,9	393,9	394,0				
	348,2	707,2		356,1				
0,04	357,3	629,5			288,8	286,9	286,3	— 0,6
	356,0	647,5		644,9				

Potentialdifferenz Volt	Umkehrpunkte		Ruhelagen berechnet	Ruhelagen beobachtet	Ausschlag Skalentheile mm	Ausschlag auf Bogen reduzirt	Ausschlag berechnet	Differenz mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,05	243,2 334,0 315,1	758,0 659,8 683,0		317,5 679,0	361,5	357,8	357,8	0
0,06	189,0 298,5 276,7	642,9 729,9 710,5	280,3	279,5 715,0	435,5	429,1	429,4	+ 0,3
0,07	864,9 724,3 757,0	336,5 224,0 245,8		751,0 242,1	508,9	498,7	501,0	+ 2,3
0,08	193,0 202,5 200,8	918,0 755,0 792,0	201,0	200,7 785,7	585,0	569,4	572,5	+ 3,1
0,09	837,0 817,3 822,1	26,5 188,0 159,0		821,5 163,0	658,5	636,3	644,1	+ 7,8
0,10	868,0 856,1 859,8	147,5 114,5 120,0	858,9	859,0 118,1	740,9	709,0	715,7	+ 6,7
0,12	74,8 19,5 29,3	941,5 925,7 929,3		29,3 929,0	899,7	843,1	858,8	+ 15,7

Wie ein Vergleich der Zahlen der letzten drei Reihen zeigt, ist bis zu Ausschlägen von 400 *mm* eine ausgezeichnete Proportionalität vorhanden; die Abweichungen halten sich innerhalb einiger zehntel Millimeter. Erst bei 700 *mm* Ausschlag erreicht der Fehler die Grösse von 1%.

Einige Beobachtungen mit Modell II bei dem gleichen Skalenabstand sind in folgender Tabelle II enthalten.

Tabelle II.

Volt	Mit Quarzfaden Ausschlag gemessen	Mit Quarzfaden Ausschlag auf Bogen reduzirt	Mit Quarzfaden Ausschlag berechnet	Mit Quarzfaden Differenz	Mit Cocon Ausschlag gemessen	Mit Cocon Ausschlag berechnet	Mit Cocon Differenz
0,02	54,2	54,2	54,2	0	13	9	+ 4
0,04	109,4	109,3	108,4	− 0,9	18	18	0
0,06	161,9	161,6	162,6	+ 1,0	28	27	+ 1
0,08	216,4	215,6	216,8	+ 1,2	34	36	− 2
0,10	274,4	272,7	271,0	+ 1,7	44	45	+ 1

Die Abweichungen von vollkommener Proportionalität sind hier bei gleichem Ausschlag merklich grösser als bei Modell I und erreichen bei nicht sorgfältiger Aufstellung des Instrumentes leicht einen noch höheren Betrag. Da dieses Modell vorzüglich als Nullinstrument dienen soll, so wird es bei geringeren Anforderungen an Empfindlichkeit häufig zweckmässig sein, sich an Stelle des subtilen Quarzfadens

eines Cocons zur Aufhängung[1]) zu bedienen. In den letzten drei Reihen der Tabelle II sind einige mit Coconsuspension (von 20 *cm* Länge) erhaltene Zahlen angegeben. Die Ausschläge für kleine Spannungen sind hier erheblich grösser, als sie sich aus denjenigen für höhere Spannungen berechnen; Ausschläge von über 50 *mm* sind jedoch bis auf etwa 1 bis 2 % proportional.

In vielen Fällen wird die hohe Empfindlichkeit des Elektrometers unpraktisch sein, man erniedrigt sie dann auf eine der folgenden Weisen. Zunächst hat man durch Gebrauch von nur einer der beiden Quadrantenschachteln und Kurzschluss der andern ein Mittel, die Empfindlichkeit auf die Hälfte zu verringern. Eine stärkere Verminderung derselben geschieht entweder durch Verwendung eines dickeren Quarzfadens oder einfacher dadurch, dass man an die Säule ein kleines Stückchen magnetisirten Stahldrahtes mit Wachs anklebt, was bei Modell I nach Arretirung ohne jede Gefahr für den Quarzfaden geschehen kann. In dieser Weise lässt sich leicht die Empfindlichkeit (eventuell unter Anwendung eines Magneten) auf $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ ihres Betrages herabdrücken. Die hierdurch bedingte Vergrösserung der Direktionskraft der Nadel bringt zugleich eine angenehme Verkleinerung der Schwingungsdauer, aber auch eine Verminderung des Dämpfungsverhältnisses hervor. Man ist daher gezwungen, falls man (wie es bei elektrostatischen Arbeiten oft der Fall sein wird) eine Messung schnell ausführen muss, die Einstellung der Nadel aus ihren Umkehrpunkten zu berechnen. Die Ableitung der Ruhelage nach dem Wägungsverfahren giebt wegen der immerhin noch beträchtlichen Dämpfung sehr ungenaue Werthe; ihre Ermittlung aus zwei aufeinanderfolgenden Umkehrpunkten p_1 und p_2 nach der bekannten Formel (vgl. Kohlrausch's Leitfaden)

$$p_0 = p_2 + \frac{p_1 - p_2}{1 + k},$$

in welcher k das Dämpfungsverhältniss bedeutet, liefert ebenfalls ungenaue Zahlen, da k hier nicht, wie bei einer elektromagnetischen Dämpfung, konstant ist, sondern mit der Schwingungsweite erheblich abnimmt. Am besten beobachtet man daher drei Umkehrpunkte und drückt den Werth von k durch diese aus; die obige Formel erhält dann die Form

$$p_0 = \frac{p_1 p_3 - p_2^2}{p_1 + p_3 - 2 p_2}.$$

Um einen Anhaltspunkt für die Genauigkeit der auf diese Weise berechneten Ruhelagen zu geben, habe ich aus den Umkehrpunkten der Kolumnen 2 und 3 der Tabelle I einige Ruhelagen berechnet und in Reihe 4 neben die beobachteten gestellt. Wie ein Vergleich der Zahlen zeigt, stimmen die berechneten Ruhelagen bis auf die Ablesungsfehler mit den beobachteten überein, es ist mithin für die Genauigkeit der Messung vollkommen gleichgültig, ob man die Einstellung der Nadel abwartet oder die Ruhelage aus Schwingungsbeobachtung ableitet.

Für Nullmethoden ist es zur schnellen Beruhigung der Schwingungen praktisch, in geeigneten Augenblicken die Elektrometerleitung unterbrechen und die Spannung von Trockenelementen für kurze Zeit an das Instrument legen zu können. Zweckmässig hierfür ist die Anwendung eines Doppeltasters, den man, wie umstehende Fig. 9 zeigt, hinter den Kommutator C in die Elektrometerleitung einschaltet. Durch Niederdrücken des Tasters T_1 wird die Leitung bei a_1 unterbrochen und durch Kontakt b_1 die Spannung des Trockenelementes e_1 an das Elektrometer gesetzt. Taster T_2

[1]) Es werden zu diesem Zweck für beide Modelle entsprechend längere Suspensionsröhren geliefert.

gestattet das Gleiche mit der entgegengesetzten Spannung des Elementes e_2 auszuführen. Man lernt sehr schnell mit Hülfe dieser neben dem Ablesungsfernrohr anzubringenden Vorrichtung die Nadel in wenigen Augenblicken auf ihre Ruhelage einzustellen.

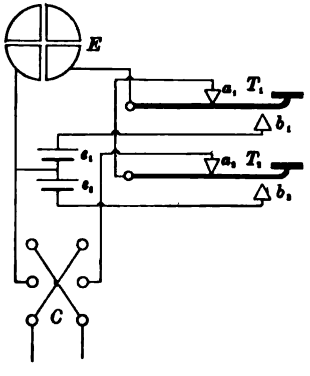


Fig. 9.

Das Vorhandensein zweier Quadranten ermöglicht es, das Säulenelektrometer auch als *Differenzialinstrument* zu benutzen. Die Einstellung der beiden Quadranten auf gleiche Empfindlichkeit geschieht bei Modell I dadurch, dass man diese an den Führungsstangen so verschiebt, dass nach Lösung der Arretirung die eine Nadel (z. B. die obere) ein wenig über der Mitte, die andere (untere) ein wenig unter der Mitte der zugehörigen Quadranten schwebt; ein Herabschrauben der Suspension mittels Mutter *m* (Fig. 1) erniedrigt dann die Empfindlichkeit des oberen und erhöht diejenige des unteren Quadranten, wodurch es möglich wird, beide Empfindlichkeiten einander gleich zu machen. Ausgeführt wird diese Abgleichung durch Parallelschaltung beider Quadranten, Ansetzung einer Spannung von etwa 0,1 *Volt* und Verstellen der Höhenschraube, bis der anfängliche Ausschlag verschwunden ist; die Prüfung muss durch Umlegen eines Kommutators geschehen, da sich die Nulllage der Nadel durch die Höhenverstellung meistens etwas ändert. Um Modell II zu Differenzialmessungen brauchbar zu machen, verstellt man das obere Quadrantenrohr mittels Konus *Q* (Fig. 4) ein wenig gegen das untere bei Festhaltung des Deckels *G*. (In Fig. 5 und 8 sind diese Verdrehungen der Deutlichkeit halber zu stark gezeichnet.) Durch Verdrehen von *G* lässt sich dann die Empfindlichkeit beider Quadranten ziemlich abgleichen.

Haben die Instrumente mit Chlorcalcium 1 bis 2 Tage im unarretirten Zustand gestanden, so ist die Empfindlichkeit und die Ruhelage hinreichend konstant geworden, und sie lassen sich dann zu Präzisionsmessungen verwenden (Modell II natürlich mit geringerer Genauigkeit).

a) *Messung von Potentialdifferenzen*: Kleine Potentialdifferenzen bis zu Ausschlägen von 400 *mm* werden nach Aichung des Instrumentes am besten durch die auf den Bogen reduzirten Skalenausschläge gemessen, grössere Spannungen kompensirt man annähernd nach der Poggendorff'schen Methode und misst den Unterschied durch den restirenden Ausschlag (von etwa 100 bis 200 *mm*); die Ausführung einer vollständigen Kompensation ist wegen der grossen Schwingungsdauer des Apparates etwas zeitraubend. In der Differenzialschaltung misst man Potentialdifferenzen durch Anlegen der zu messenden Spannung an den einen Quadranten und eines Kompensationsrheostaten an den anderen Quadranten. Die Spannung, welche gestöpselt werden muss, um den Ausschlag zum Verschwinden zu bringen, ist gleich der zu messenden. Nach den erwähnten Methoden lassen sich elektromotorische Kräfte von Kombinationen, deren innerer Widerstand bis zu 10^9 *Ohm*[1]) betragen kann, von 10^{-5} *Volt* bis zu fast beliebig hohen Werthen ermitteln und zwar von 0,01 *Volt* aufwärts mit einer Genauigkeit von 0,1%.

b) *Abgleichung von Widerständen*: Als Nullinstrument in der Wheatstone'schen Brücke ist das Säulenelektrometer dem Galvanometer weit überlegen, da es bei der

[1]) Bei grösseren Widerständen wirkt die von den Nadeln auf die Quadranten durch Konvektion übergeführte Ladung und die Luftelektrizität schon störend, das Säulenelektrometer ist daher auch *nicht im offenen* Zustand verwendbar.

gleichen Grösse der Messspannung (von 1 bis 2 *Volt*) Widerstände bis zu 10^9 *Ohm* mit der gleichen prozentischen Genauigkeit zu ermitteln gestattet, wie Widerstände, die nur einen kleinen Bruchtheil eines *Ohm* betragen. Das gleiche gilt auch für die Messung von Widerständen in der Differenzial-Nebenschluss-Schaltung.

c) Messung von Stromstärken: Legt man an die Elektometerpole einen Nebenschluss, dessen Widerstand von derselben Grössenordnung, wie der eines hochempfindlichen Galvanometers ist, also etwa 10^5 *Ohm* beträgt, so lassen sich bei der Empfindlichkeit des Instrumentes von 10^{-5} *Volt* noch 10^{-10} *Ampère* messen, das Säulenelektrometer ist mithin dem Galvanometer für Strommessungen um 1 bis 2 Zehnerpotenzen unterlegen. In allen den Fällen jedoch, bei denen Widerstände im Stromkreise liegen, die weit über 10^5 *Ohm* hinausgehen (wie dies z. B. bei Messung der Leitfähigkeit ionisirter Gase der Fall ist) hindert nichts, erheblich grössere Widerstände zu verwenden und die Empfindlichkeit für Strommessungen beträchtlich zu erhöhen, zumal das Instrument selbst eine genaue Abgleichung derartiger Widerstände gestattet. Für den Grenzwiderstand von 10^9 *Ohm* ergiebt sich also eine Empfindlichkeit von 10^{-14} *Ampère*, also eine hundertmal grössere als die des Thomson-Galvanometers.

Zusammenfassung.

1. Das beschriebene hochempfindliche Elektrometer ist zu zahlreichen Präzisionsmessungen brauchbar, insbesondere kann es, da es gegen magnetische Störungen völlig unempfindlich ist, häufig mit Vortheil hochempfindliche Galvanometer ersetzen; 2. Modell I giebt für 0,01 *Volt* einen kommutirten Ausschlag von 100 bis 200 Skalentheilen, Modell II einen solchen von 20 bis 30 Skalentheilen. Das Dämpfungsverhältniss beträgt bei Modell I 4,5 (log. Dekrement 0,653), bei Modell II 3,4 (log. Dekrement 0,505), die Schwingungsdauer 20 bis 30 bezw. 20 bis 34 Sekunden; 3. die Instrumente sind bequem transportabel, eine besondere Hochspannungsbatterie zur Ladung ist entbehrlich; 4. Modell I ist nicht nur als Nullinstrument, sondern auch für Messung durch Ausschlag brauchbar, Modell II ebenso, wenn auch mit geringerer Genauigkeit, vorzüglich jedoch als Nullinstrument.

Das diesem Instrument zu Grunde liegende Prinzip der Benutzung einer trockenen Säule als Elektrometernadel wurde von Herrn Prof. Nernst ohne Kenntniss der oben erwähnten Boys'schen Versuche angegeben. Für die gütige Ueberweisung der Ausführung desselben, sowie für seine Rathschläge, schulde ich ihm grossen Dank.

Ueber die Farbenabweichung der Fernrohrobjektive und des Auges.

Von

Karl Strehl in Weissenburg a. S.

Durch die Güte des Herrn Prof. Dr. Max Wolf zu Heidelberg, welcher mir seine beiden Abhandlungen über die Farbenabweichung der Fernrohrobjektive und des Auges (*Wied. Ann. 33. S. 212 u. 548. 1888*) freundlichst übersandte, wurde ich in den Stand gesetzt, auch *kleinere* Objektive sowie das blosse Auge hinsichtlich der Wirkung ihrer chromatischen Abweichungen zu untersuchen. Indem ich mir erlaube, auf meinen letzten Aufsatz in *dieser Zeitschr. 17. S. 50. 1897* zu verweisen, will ich zunächst noch einiges über den Lickrefraktor nachholen.

1. Lickrefraktor.

Tabelle I.

λ	Δ	: a	= z	φ	× i	= w
	75	89	84	04	46	184
61	60	88	68	15	52	780
	45	87	52	38	58	2 204
60	35	87	40	58	64	3 712
	25	86	29	76	69	5 244
59	15	85	18	90	74	6 660
	10	84	12	96	78	7 488
58	05	84	06	99	84	8 316
	02	83	02	100	88	8 800
57	01	82	01	100	91	9 100
	0	81	0	100	94	9 400
56	03	81	04	100	97	9 700
	10	80	13	95	99	9 405
55	25	80	31	72	100	7 200
	40	79	51	39	99	3 861
54	55	78	71	12	98	1 176
						93 230

Tabelle II.

λ	Δ	: a	= z	φ	× i	= w
65	+ 80	94	85	03	10	30
64	+ 33	93	35	66	14	924
63	− 05	91	06	99	23	2 277
62	35	90	39	59	39	2 301
61	55	88	63	21	52	1 092
60	70	87	80	06	64	384
59	78	85	92	01	74	.74
58	80	84	95	00	84	00
57	70	82	85	03	91	273
56	40	81	49	42	97	4 074
55	∓ 0	80	0	100	100	10 000
54	45	78	58	28	98	2 744
						24 173

Wenn man bezüglich meiner Ausführungen *a. o. a. O.* einwenden sollte, dass eine Abweichung des Scheitels der Farbenkurve von der hellsten Spektralstelle um $\lambda = 0{,}03\,\mu$ im Allgemeinen nicht leicht vorkommen dürfte (siehe jedoch die Farbenkurven von Plössl und Merz in *Wied. Ann. a. a. O.*), so ist doch jedenfalls eine Abweichung um die Hälfte schon aus dem Grund möglich, weil die deutschen Physiker im Allgemeinen als hellste Spektralstelle $\lambda = 0{,}55\,\mu$ angeben, während dieselbe nach Taylor für das Normalspektrum bei $\lambda = 0{,}565\,\mu$ liegen soll. Nach den Beobachtungen von König rückt die relativ hellste Spektralstelle mit wachsender absoluter Lichtstärke des Gesammtspektrums von $\lambda = 0{,}53\,\mu$ bis $\lambda = 0{,}61\,\mu$; in der Mikroskopie, wo man möglichst helle Bilder zu erhalten sucht und sie auch erhalten kann, hat sich $\lambda = 0{,}55\,\mu$ als maassgebend bewährt. Bei *lichtschwachen* astronomischen Objekten, für welche doch in erster Linie möglichste Steigerung der Lichtstärke und Definition gewünscht wird, dürfte deshalb der maassgebende Werth eher unter als über $\lambda = 0{,}55\,\mu$ selbst für sehr grosse Fernrohre gesucht werden. In Tabelle I ist nun $\lambda = 0{,}565\,\mu$ als Scheitel der Farbenkurve angenommen; als Lichtsumme ergiebt sich 93 230, während dieselbe in dem Falle, dass der Scheitel der Farbenkurve in die angenommene hellste Spektralstelle fällt, 100 113 war. Der Unterschied beträgt 6,9 % vom grösseren Werth, wird also bereits merklich sein; ist ja doch das Definitionsvermögen einer homogenen Oelimmersion von 1,40 numerischer Apertur auch nur um fast 8 % grösser als einer von 1,30 numerischer Apertur und der Unterschied doch bereits sehr merklich.

Andererseits könnte man in diesem Falle der Meinung sein, dass sich vielleicht ein besseres Resultat ergebe, wenn man die Einstellungsebene durch den Brennpunkt der hellsten Strahlen von $\lambda = 0{,}55\,\mu$ legt, sodass sie von der Farbenkurve in den Stellen $\lambda = 0{,}55\,\mu$ und etwa $\lambda = 0{,}63\,\mu$ durchstossen wird, statt von ihrem Scheitel in dem Punkte $\lambda = 0{,}58\,\mu$ (bezw. $\lambda = 0{,}565\,\mu$) berührt zu werden. Zu diesem Zwecke habe ich unter der früheren Annahme (dass der Scheitel der Farbenkurve in $\lambda = 0{,}58\,\mu$ falle) auch noch Tabelle II berechnet. Als Lichtsumme ergiebt sich 24 173, was gegenüber dem günstigsten Werthe 100 113 einen Ausfall von nicht weniger als 75,9 % bedeutet. Die Verhältnisse nähern sich alsdann denen eines *unachromatischen* Fernrohrs, eben weil die Farbenkurve in ihrer hellsten Parthie — statt die Einstellungsebene zu

berühren — gestreckt durch sie hindurchgeht. Die wirkliche Einstellungsebene beim Lickrefraktor weicht nach Taylor vom Minimalfokus derart bedeutend ab, dass eine Erklärung dieses auffallenden Umstandes ohne genaue Untersuchung des Instrumentes ganz unmöglich erscheint, während mittelgrosse Fernrohre sich der Theorie genau anzupassen schienen. Wir wissen aber nichts über die sphärische Aberration des Lickrefraktors, wissen nicht, ob er sonst von Fehlern frei ist; auch was über seine Leistungen berichtet wird, trägt mehr den Charakter vagen Raisonnements als zahlenmässiger, wissenschaftlicher Untersuchung. Doch möchte ich auch nicht unbesehen den drastischen Aeusserungen Hugo Schröder's über die modernen Riesenfernrohre beipflichten, eben weil man nur dem trauen soll, was zahlenmässig nachgewiesen ist. Zu solchen Studien möchte ich hier den Anstoss gegeben haben.

2. 8-Zöller von Reinfelder zu Monrepos.

Tabelle III.

λ	Δ	: a	= s	φ	$\times\, i$	= w
61	50	54	93	00	69	0
	43	54	80	06	74	444
60	36	53	68	15	78	1 170
	30	53	57	30	84	2 520
59	24	52	46	48	88	4 224
	18	52	35	66	91	6 006
58	11	51	22	85	94	7 990
	05	51	10	97	97	9 409
57	01	50	02	100	99	9 900
	0	50	0	100	100	10 000
56	02	50	04	100	99	9 900
	08	49	16	92	98	9 016
55	17	49	35	66	95	6 270
	31	48	64	20	91	1 820
						78 669

Tabelle IV.

λ	Δ	: a	= s	φ	$\times\, i$	= w
	50	52	96	00	91	0
58	43	51	84	04	94	376
	36	51	71	12	97	1 164
57	30	50	60	25	99	2 475
	24	50	48	44	100	4 400
56	18	50	36	65	99	6 435
	11	49	22	85	98	8 330
55	05	49	10	97	95	9 215
	01	48	02	100	91	9 100
54	0	48	0	100	87	8 700
	02	47	04	100	81	8 100
53	08	47	17	91	76	6 916
	17	47	36	65	70	4 550
52	31	46	67	17	61	1 037
						70 798

Um zu untersuchen, ob auch bei kleineren Refraktoren der Einfluss der Farbenabweichung ein so bedeutender sei, wählte ich als Objekt den wegen seiner kurzen Brennweite von nur 259 *cm* berühmten von Reinfelder gefertigten 8-Zöller (= 217 *mm*) des Herrn E. v. Lade zu Monrepos bei Geisenheim. Ich habe mich wieder auf die Berechnung der 1. Zone beschränkt[1]); mögen die Verhältnisse in Wirklichkeit um 1 bis 2 % günstiger liegen, viel wird sich am Resultat nicht ändern. Dagegen habe ich in der Lage der hellsten Spektralstelle eine Aenderung vorgenommen. Der Scheitel der Farbenkurve dieses Refraktors liegt bei $\lambda = 0{,}54\,\mu$. Um zu finden, welcher Unterschied in der Leistung durch eine Ungewissheit über die Lage der hellsten Spektralstelle bei der Berechnung auftritt, habe ich dieselbe nach der Meinung Taylor's nach $\lambda = 0{,}565\,\mu$ gelegt, und den Scheitel der Farbenkurve einmal (Tabelle III) eben dahin, das anderemal (Tabelle IV) der Wirklichkeit entsprechend unverändert in $\lambda = 0{,}54\,\mu$ fallen lassen. Im ersten Fall ergiebt sich als Lichtsumme 78 669; dies bedeutet gegenüber der (zwischen $\lambda = 0{,}40\,\mu$ und $\lambda = 0{,}70\,\mu$ sich ergebenden) Lichtsumme 231 600 eines absolut achromatischen Refraktors 34 %; hätte Taylor nun Recht, so wäre im anderen Falle die Lichtsumme 70 798, gegen die vorige Annahme eine Verschlechterung von 10 %, sodass in diesem Falle die Leistung blos 30,6 % betragen würde. Man sieht: dem „nur“ in der Grösse der Brennweite ent-

[1]) Δ und a sind in 200 000 Theilen der Brennweite angegeben.

spricht ein „nur“ in der Grösse der Leistung mit Naturnothwendigkeit. Der Scheitel der Farbenkurve eines anderen von Dr. Max Wolf untersuchten Fernrohrs aus der Werkstätte von Merz — welche Instrumente nach Schiaparelli besonders geeignet für die Beobachtung des Mars sind — liegt in $\lambda = 0{,}575\ \mu$; der Unterschied gegen den eben untersuchten beträgt also $\lambda = 0{,}035\ \mu$, entsprechend wesentlich mehr als 10 % (wohl 17 %). Es ist deshalb nicht zu verwundern, dass v. Lade bei der Anwendung seines Refraktors auf den Mars nicht die gewünschte Schärfe der Bilder erhielt. Die Refraktoren sind bekanntlich in diesem Punkte den Spiegelteleskopen weit überlegen; nach diesen Rechnungsergebnissen muss man sich fragen: Was würde ein solcher Refraktor aus der Meisterhand Reinfelder's erst leisten, wenn er *absolut* achromatisch wäre?

3. Bewaffnetes und blosses Auge.

Tabelle V.

λ	Δ :	$a =$	s	φ $\times$	i =	w
70	20	168	12	96	01	96
	18	162	11	97	04	388
65	16	156	10	97	10	970
	13	150	09	98	30	2 940
60	09	144	06	99	64	6 336
	05	138	04	100	88	8 800
55	0	132	0	100	100	10 000
	05	126	04	100	87	8 700
50	11	120	09	98	52	5 096
	18	114	16	92	17	1 564
45	25	108	23	84	08	672
	33	102	32	71	03	213
40	45	96	47	46	01	46
						45 821

Tabelle VI.

λ	Δ :	$a =$	s	φ $\times$	i =	w
62	120	60	200	06	39	234
61	105	59	178	07	52	364
60	90	58	155	08	64	512
59	75	57	132	10	74	740
58	60	56	107	20	84	1 680
57	40	55	73	50	91	4 550
56	20	54	37	87	97	8 439
55	0	53	0	100	100	10 000
54	20	52	38	86	98	8 428
53	40	51	78	45	91	4 095
52	60	50	120	13	81	1 053
51	85	49	173	07	70	490
						40 585

Zum öfteren ist die Frage aufgeworfen worden, ob die Farbenabweichung des Auges auf die Achromasie eines Fernrohrs Einfluss habe oder nicht, und verschieden beantwortet worden. Wenn man nur die chromatischen Längenabweichungen ins Auge fassen wollte, würde man zu unrichtigen Resultaten gelangen; man muss dabei auch die Pupillenöffnung beachten. Ich habe deshalb in Tabelle V für das bewaffnete Auge, der *mittleren* Vergrösserung der Fernrohre und Mikroskope entsprechend, als Oeffnung der Pupille im Innern des Auges 1 *mm*, dagegen in Tabelle VI den Verhältnissen des blossen Auges entsprechend 5 *mm* angenommen[1]). Als Lichtsumme ergiebt sich in Tabelle V 45 821, gegenüber dem Werthe 46 500 bei absoluter Achromasie, gleich einem Betrage von 98,5 %.

Bei mittleren Vergrösserungen starker und schwacher Fernrohre und Mikroskope kann das Auge als in der Achse absolut achromatisch angesehen werden.

Würde man die Rechnung unter gleichen Voraussetzungen in Tabelle V für 5 *mm* Pupillenöffnung durchführen, so würde man zu einer ganz schlechten Leistung, nämlich 25 % des vollen Werthes, gelangen. Allein hier treten wesentlich andere Verhältnisse in Geltung. Während bei mittleren und starken Vergrösserungen sich der Bereich eines Netzhautelementes mehr und mehr auf die mittlere Stelle des Beugungsbildes reduzirt (die ich Brennpunkt nannte), umfasst dasselbe beim blossen Auge die mittlere Beugungsscheibe sammt der Hälfte des 1. Beugungsringes (s. meine

[1]) Δ und a sind in μ angegeben.

„Theorie des Fernrohrs" *S. 125*). Während also im ersten Falle die oben abgeleiteten Grössen als Grenzwerthe in Geltung treten, ist die Lichtvertheilung längs der optischen Achse beim blossen Auge eine wesentlich andere, wie sich aus nachfolgender Uebersicht ergiebt, wo die erste Reihe die für die Zoneneintheilung längs der optischen Achse charakteristischen Zahlen *z*, die zweite die Lichtintensitäten in den entsprechenden *Punkten* der optischen Achse, die dritte aber die für Tabelle VI maassgebenden Lichtsummen innerhalb kleiner *Kreise* von der richtigen Grösse an Stelle der Punkte der optischen Achse angiebt.

z	*i* (Punkt)	*i* (Kreis)	*z*	*i* (Punkt)	*i* (Kreis)
0	100	100	100	0	26
25	81	95	125	03	11
50	41	76	150	05	09
75	09	49	175	02	07
100	0	26	200	0	06

Dadurch gestalten sich die Verhältnisse wesentlich günstiger und es ergiebt sich aus Tabelle VI als Lichtsumme 40 585, gegenüber der innerhalb desselben Intervalls (beiderseits 1. und 2. Zone) bestimmten Lichtsumme für ein absolut achromatisches Auge 94 100, ein Betrag von 43,1 %; in Wirklichkeit allerdings etwas schlechter (bis gegen 35 %). Findet man so eine eigentlich nicht glänzende Leistung des Auges, die zunächst frappiren könnte, so möge man bedenken, dass andererseits das *blosse* Auge bei 5 *mm* Oeffnung gar nicht im Stande ist, die dieser Oeffnung entsprechende Distanz von 23″ aufzulösen. Dazu müssten die Netzhautelemente eine verhältnissmässige Grösse $D = 3{,}2$ haben, während diese in Wirklichkeit $D = 10$ ist. Erst mit der Bewaffnung des Auges unter *entsprechender Vergrösserung* korrigiren sich diese Verhältnisse. Allein dieselben werden in Wirklichkeit durch ganz andere Dinge wesentlich (bis zur völligen Umgestaltung) getrübt, nicht sowohl durch sphärische Aberration (die jedenfalls so gering ist, dass all die komplizirten Untersuchungen über die Flächen der Augenmedien hier überflüssig sind), sondern durch regelmässigen und unregelmässigen Astigmatismus, der zum Theil beugungstheoretisch ganz enorme Beträge erreicht.

Ich bitte daher zu beachten, dass vorstehende Rechnungen nur für das schematische Auge nach Listing Geltung beanspruchen, wie ja überhaupt diese Studien zunächst nur auf ganz bestimmte Fälle Bezug nehmen und erst in zweiter Linie und mit der nöthigen Vorsicht eine Verallgemeinerung zulassen.

Der selbstthätige Druckluftpegel, System Seibt-Fuess.

Von

Prof. Dr. **Wilhelm Seibt**, Geheimem Regierungsrath im Ministerium d. öffentl. Arbeiten.

Zur Erläuterung des innersten Wesens des selbstthätigen Druckluftpegels, System Seibt-Fuess, und zur theoretischen Begründung der ihm eigenthümlichen Vorrichtung zur Beseitigung der durch Wärme- und Wasserdruckschwankungen bedingten, aus der Volumenänderung der in seiner Luftleitung eingeschlossenen Luft entspringenden Fehler in der Aufzeichnung der Wasserstände soll zunächst auf den Vorgang näher eingegangen werden, der sich bei der Uebertragung des Wasserstandswechsels auf das Manometer abspielt, mittels dessen an dem Apparate beobachtet werden soll.

Wir wissen, dass eine bestimmte Wassersäule an der Beobachtungsstelle einen bestimmten Druck ausüben muss und einen bestimmten Höhenunterschied in dem Stande des Quecksilbers in den beiden Schenkeln des Manometers bedingt. In umgekehrter Schlussfolge wird also einem bestimmten Höhenunterschiede im Stande des Quecksilbers in den beiden Schenkeln des Manometers ein bestimmter Wasserdruck an der Beobachtungsstelle entsprechen. Es findet eben eine *Wägung* statt, bei der die Standunterschiede im Manometer proportional sind den bezüglichen, den Druck ausübenden Wassersäulen. Diese Wasser-*Säulen* haben aber wegen des in Folge der Wärme- und Wasserdruckschwankungen veränderlichen Volumens der in der Leitung eingeschlossenen Luft so zu sagen einen veränderlichen Fusspunkt, das heisst, die Angaben des Manometers beziehen sich auf Wasser-*Stände*, die sich *nicht auf ein und denselben Nullpunkt* beziehen.

Die Volumenänderung der Druckluft hat also auf die eigentliche, soeben geschilderte *Wägung* gar keinen Einfluss; sie kommt vielmehr, wie bereits ausgesprochen, nur darin zum Ausdruck, dass die den Verschiebungen des Quecksilbers im Manometer entsprechenden Wassersäulen nicht ein und derselben Nullfläche angehören. Denn die eigentliche Nullfläche, als welche doch die von der Druckluft berührte Wasserdruckfläche anzusehen ist, muss eben bei den verschiedenen Wasserständen eine fortwährende, von der Dichte der zusammengepressten Luft abhängige Verschiebung im lothrechten Sinne erleiden. Die jeweiligen Stände des Quecksilbers in beiden Schenkeln des Manometers entsprechen also an sich zwar stets den jeweiligen Wasserständen; der aus ersteren unter Berücksichtigung des Einheitsgewichtes des Quecksilbers abgeleitete Werth für letztere bezieht sich aber jedesmal auf einen anderen Nullpunkt, und das Maass dieser Nullpunktverschiebungen kommt dem Fehler gleich, um welchen die von einem *bestimmten Nullpunkte* aus zu messenden Wasserstände in den Angaben des Manometers falsch erhalten werden. In welcher Weise nun diesen, die Fehlerhaftigkeit der Ablesungen am Manometer ausmachenden Nullpunktverschiebungen, d. h. also den Verschiebungen der von der Druckluft berührten Wasserdruckfläche, zu begegnen ist, habe ich in meiner Abhandlung über „Beseitigung von Fehlerquellen bei pneumatischen Pegeln" (*Centralbl. d. Bauverwalt. 1896. S. 202*) ausführlich dargelegt. Ich kann mich daher, nachdem im Vorstehenden die Sache zur Erleichterung des Verständnisses noch von einem anderen Gesichtspunkte beleuchtet worden ist, darauf beschränken, hier auf die zur praktischen Verwendung gekommene entsprechende Vorrichtung im Besonderen einzugehen.

Bei dem selbstthätigen Druckluftpegel, System Seibt-Fuess, ist die in das Wasser der Beobachtungsstelle ausmündende Luftleitungsröhre zu einem Ansatze von *nur etwa einem Zentimeter Höhe* und einem nach dem Rauminhalte der eigentlichen Luftleitungsröhre und den Grenzwerthen der Wärme- und Wasserdruckschwankungen so bemessenen Inhalte ausgebildet worden, dass die Höhenverschiebungen der von der Druckluft berührten Wasserdruckfläche (der Nullfläche) sich innerhalb jenes niedrigen Ansatzes vollziehen müssen. Die unter Anwendung eines in gedachter Weise geformten und bemessenen Ansatzes am Manometer des Apparates anzustellenden Beobachtungen der Wasserstände über einem *bestimmten Nullpunkte* können also nur im äussersten Falle um das für die Praxis so gut wie bedeutungslose, innerhalb der Grenze eines Zentimeter verbleibende Maass für die Höhenverschiebungen der von der Druckluft berührten Wasserdruckfläche fehlerhaft beeinflusst werden.

Der diesen mathematisch-physikalischen Grundsätzen entsprechend hergestellte

tellerartige Ansatz *A* (Fig. 1) hat etwa 1 *cm* unterhalb der höchsten Stelle der flach kegelförmig gestalteten Decke mehrere etwa 8 *mm* breite Einschnitte *e* erhalten und ist durch Verschraubung mit dem eisernen Rohre *E*, welches an dem an der Beobachtungsstelle aufgeführten Mauerwerke oder Pfahlroste mittels Schellen und Eisenwinkeln befestigt ist, derartig unverrückbar gelagert, dass die Fläche, die man sich durch die höchsten Punkte der Einschnitte *e* gelegt denkt, mit der Nullfläche für die anzustellenden Wasserstandsbeobachtungen zusammenfällt. Die vom höchsten Punkte des Ansatzes *A* ausgehende, aus Blei gefertigte, dickwandige und enge[1]) Luftleitungsröhre *l* wird von dem Rohre *E* umschlossen, tritt aus diesem in geeigneter Höhe seitlich heraus und führt, in einem aus Mauersteinen oder dgl. hergestellten Kanale eingebettet oder in sonstiger Weise gegen äussere Beschädigungen geschützt, von der Beobachtungsstelle bis zum Manometer des von jener mehr oder weniger entfernten Beobachtungsapparates.

Das zur Lagerung der einzelnen Theile des Beobachtungsapparates (Fig. 2) erforderliche Gestell wird durch drei mit einander durch Säulen verbundene Platten gebildet und ist mit vier eisernen Bolzen, welche die beiden hinteren Säulen durchdringen, an der Rückwand eines mit Glasscheiben und verschliessbaren Thüren versehenen, dem Schutze des Apparates dienenden Kastens angeschraubt. An dieser Rückwand befinden sich zwei mittels Korrektionsschrauben verstellbare Oesen, durch welche der mit dem Apparate ausgerüstete Kasten an Haken, die an einer senkrechten Mauer- oder Holzwand befestigt sind, aufgehängt werden kann. Von dem Dreiwegehahn *D* aus, welcher mit dem auf der unteren Gestellplatte befestigten gusseisernen Blocke *Q* verschraubt ist und die von der Beobachtungsstelle bis zum Apparate geführte Luftleitung *l* aufnimmt, wird letztere durch ein feines Platinröhrchen l_1 gebildet, das in dem oberen Theile des kürzeren der beiden mit eisernen Flanschen auf dem vorerwähnten gusseisernen Blocke *Q* aufgeschraubten, durch die kanalartige Aushöhlung des letzteren mit einander in Verbindung stehenden Schenkel *U* und U_1 des Manometers luftdicht eingeschmolzen ist. Der gusseiserne Block *Q* ist in der Achse der Manometerschenkel zur Ermöglichung einer Reinigung derselben von unten durchbohrt. Den Verschluss bilden Schrauben, von denen diejenige unter dem langen Schenkel U_1 mit einem aus Stahl gefertigten Hahn *h* versehen ist, mittels dessen erforderlichen Falls ein Entleeren des Manometers erfolgen kann.

Da die Verschiebungen des Quecksilbers in dem offenen Schenkel U_1 den Veränderungen des Wasserstandes proportional sein und dabei in einem den jeweiligen Bedürfnissen entsprechenden bestimmten Verjüngungsverhältnisse zu letzteren stattfinden sollen, so wurde mit Rücksicht darauf, dass die zur Erfüllung dieser Bedingungen erforderliche Herstellung von Manometerschenkeln mit mathematisch genauen Röhrenweiten sich als schwer ausführbar erwies, durch folgende Einrichtung nicht nur die Ungleichmässigkeit in den Röhrenweiten unschädlich gemacht, sondern auch zugleich die verlangte Verjüngung der Quecksilberverschiebung gegenüber den sie bedingenden veränderlichen Wasserständen mit einem völlig ausreichenden Genauigkeitsgrade erzielt. Für den kurzen Schenkel *U* des Manometers kam nämlich eine Glasröhre zur Verwendung, deren Durchmesser etwas grösser ist, als er sich auf Grund einer angenäherten Berechnung aus der Weite des anderen Schenkels

[1]) Bis zu einer Entfernung von rund 350 *m* zwischen Beobachtungsstelle und Apparat erwies sich die Anwendung einer Bleiröhre von 2 *mm* lichter Weite als ausreichend; die äusserste Grenze für die Länge einer noch zuverlässig wirkenden Luftleitung unter Benutzung einer Röhre mit grösserem Durchmesser zu ermitteln, bleibt der Gegenstand weiterer Versuche.

unter Berücksichtigung des Einheitsgewichtes des Quecksilbers für das verlangte Verjüngungsverhältniss ergab. In den Schenkel U wurde darauf ein später in demselben zur Befestigung gekommener Eisenstab t eingeführt, dessen Dicke seiner ganzen Länge nach, den Unregelmässigkeiten der Röhrenwandung entsprechend, von Stelle zu Stelle so lange verändert wurde, bis der Druck einer mit dem Manometer durch die Luftleitung in Verbindung gebrachten, allmählich bis zur Höchsthöhe gebrachten Wassersäule durchweg einen Anstieg des Quecksilbers in dem offenen Schenkel U_1 des Manometers bewirkte, der genau dem verlangten Verhältnisse entspricht, in welchem am Manometer die Beobachtung der Wasserstände erfolgen soll.

Auf dem Quecksilber in dem offenen Manometerschenkel U_1 ruht ein eiserner Schwimmer s, auf dem die Stange d mit dem an ihr verschiebbaren Halter für die Kurvenzeichenfeder c befestigt ist. Zur Erzielung einer sicheren Führung der Stange d ist der Schwimmer s an seinem unteren Theile mit einem etwa 5 *cm* langen, ihm entsprechend zylindrisch gestalteten, hohlen Glaskörper versehen und in seinem Querschnitte so bestimmt, dass er mit einem Spielraume von nur einigen Zehntel-Millimeter in den Manometerschenkel U_1 passt. Bei dieser Anordnung wird eine Kuppenbildung des Quecksilbers unmöglich gemacht; letzteres umgiebt vielmehr den wegen des Auftriebes des Glaskörpers nur um ein Weniges in das Quecksilber einsinkenden eisernen Schwimmer s an seiner unteren Kante ringförmig und derartig, dass eine Reibung zwischen Schwimmer und Glaswand vollständig ausgeschlossen erscheint. Die Reibung der Stange d an ihrer oberen, in einem einfachen, ringförmigen Lager bestehenden Führungsstelle hat zwar nicht in ebenso vollkommener Weise beseitigt werden können; sie ist aber jedenfalls eine nur ganz geringe, da die ganze schwimmende Schreibvorrichtung durch den langen, am Schwimmer s befindlichen gläsernen Auftriebkörper in labilem Gleichgewichte gehalten wird.

Die dem Steigen und Fallen des Wassers entsprechende, durch die Veränderung des Druckes auf das in der gedachten Weise eingerichtete Manometer erzeugte Verschiebung der mit leichtflüssiger Anilinfarbe gefüllten Kurvenzeichenfeder c tritt nun auf dem Papierbogen, mit welchem die durch ein auf der oberen Gestellplatte angebrachtes Uhrwerk in Umdrehung versetzte Walze W überspannt ist, in einer fortlaufenden Linie hervor, indem die Kurvenzeichenfeder c, deren magnetisirter Halter sich fortwährend der Eisenstange n zu nähern sucht, in hebelartiger Gegenwirkung an den Papierbogen der Walze dauernd und sanft angedrückt wird.

Auf der Eisenstange n befinden sich an drehbaren Haltern die Zeichenfedern b und b', welche mit Hülfe der Gewichte g und g_1, die mit über Rollen geführten Seidenfäden an hebelartigen Verlängerungen der Halter befestigt sind, ebenfalls an den Papierbogen sanft angedrückt werden und die Aufgabe haben, gleichzeitig mit der Wasserstandskurve je eine Festlinie auf dem Papierbogen zu ziehen, auf welche die Auswerthung der Kurve, und zwar rechnerisch nach Maassgabe der bezüglichen Ausführungen in meiner Abhandlung „Der kurvenzeichnende Kontrolpegel, System Seibt-Fuess“ (*diese Zeitschr.* **14.** *S. 41. 1894*) oder auf mechanischem Wege unter Benutzung der von mir in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 21. 1897* beschriebenen „Ablesevorrichtung für Aufzeichnungen selbstthätiger Pegel“ zu erfolgen hat.

Hinsichtlich des Hammerwerkes H zur selbstthätigen Erzeugung der erforderlichen Zeitmarken, des Maassstabes M zur unmittelbaren Ablesung der vom Manometer angezeigten Wasserstände, der Lothvorrichtung zur mechanischen Prüfung des richtigen Ganges des Apparates — welche Einrichtungen im wesentlichen denjenigen des früher gebauten selbstthätigen kurvenzeichnenden Kontrolpegels, System Seibt-

Fuess, entsprechen — ferner hinsichtlich der Art und Weise, wie das Aufspannen eines neuen Bogens auf die Walze *W*, das Herausnehmen und Wiedereinsetzen der letzteren in ihre Lager, das Einstellen der durch Drehen der geränderten Scheibe *R* zugleich von der Walze abzuhebenden und an diese anzulegenden Zeichenfedern *b*, *b'* und *c* bei Inbetriebsetzung des Apparates und bei Prüfung seines Ganges vorzu-

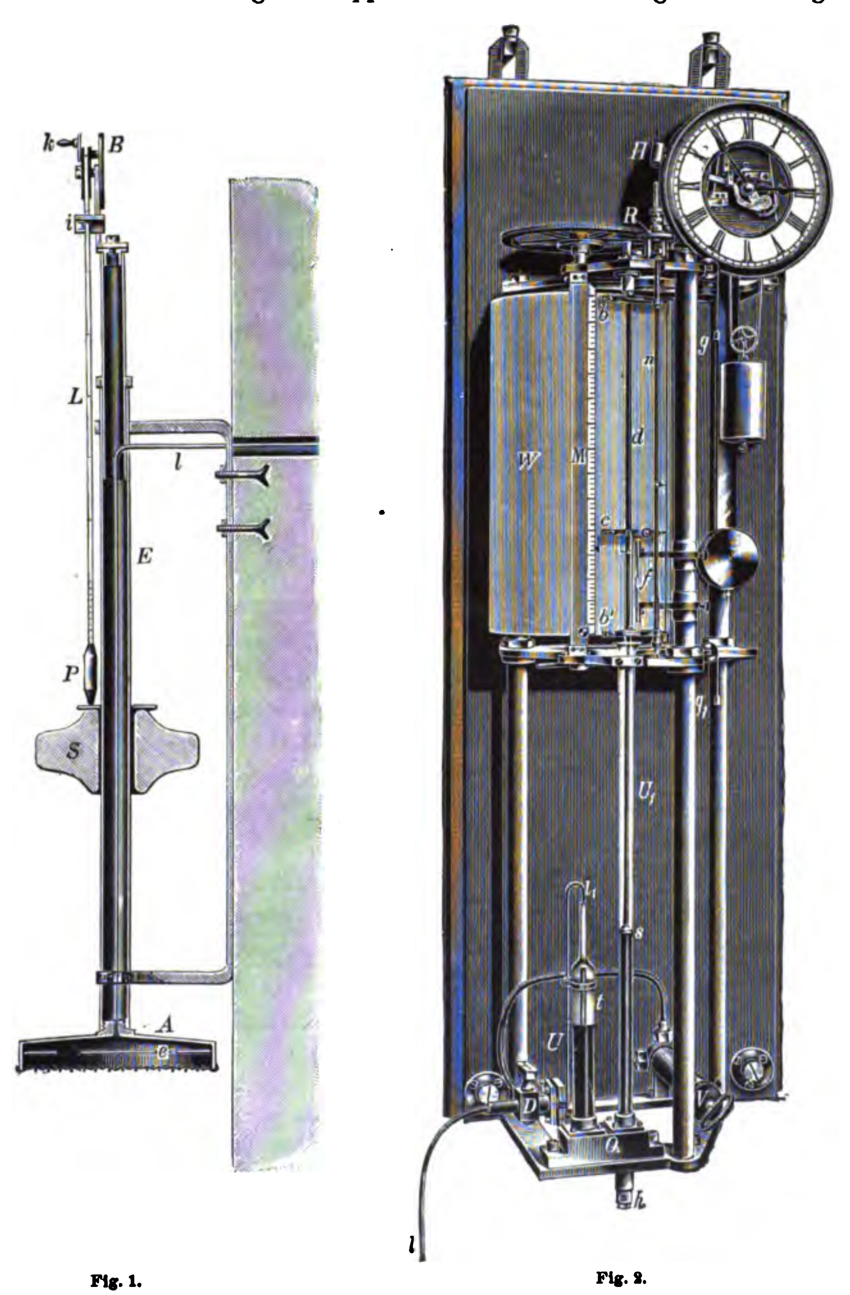


Fig. 1. Fig. 2.

nehmen ist, kann hier auf die bezüglichen Beschreibungen und Ausführungen in meiner schon oben erwähnten Abhandlung „Der kurvenzeichnende Kontrolpegel, System **Seibt-Fuess**“, verwiesen werden. Hier braucht nur noch bemerkt zu werden, dass die der Prüfung dienende, aus dem auf einer Rolle befindlichen, mit Hülfe der Kurbel *k* abwickelbaren und durch das Gewicht *P* in Spannung erhaltenen Band-

maasse L, der Bremsfeder B und dem Index i bestehende Lothvorrichtung (Fig. 1) bei dem hier beschriebenen selbstthätigen Druckluftpegel nicht wie beim kurvenzeichnenden Kontrolpegel am Apparate selbst, sondern an der Röhre E angebracht ist, an welcher sich der tellerartige Ansatz A der Luftleitung befindet, und dass für das Aufstossen des Lothes P ein besonderer Schwimmer S aus starkem Kupferblech vorhanden ist, der die Röhre E ringförmig umschliesst und, soweit der eiserne Träger der letzteren dies zulässt, dem jeweiligen Stande des Wassers zu folgen vermag.

Die mit dem Dreiwegehahn D verbundene, mit Saug- und Druckventil sowie Lederkolben versehene einfache, auf der unteren Gestellplatte gelagerte Stiefelluftpumpe V dient zur Entfernung des durch irgend welche Zufälligkeit etwa in die Luftleitung eingedrungenen Wassers, für welchen Fall die Luftleitung an eine dem Apparate beigegebene, mit konzentrirter Schwefelsäure gefüllte (in Fig. 2 nicht sichtbare) Flasche anzuschliessen bleibt. Bei ihrem Gebrauche muss der Dreiwegehahn D so eingestellt werden, dass eine Verbindung zwischen der Luftleitungsröhre l mit der Luftpumpe V unter Abschluss des zum Manometer führenden Platinröhrchens l_1 stattfindet[1]).

Es erübrigt noch zu erwähnen, dass die ersten sechs für die Preussische Bauverwaltung im Dezember v. J. an der Fulda aufgestellten selbstthätigen Druckluftpegel, System Seibt-Fuess, zur Einschaltung von Läutewerken mit einer Kontaktvorrichtung versehen sind, die für jeden beliebigen Wasserstand eingestellt werden kann. Diese Kontaktvorrichtung besteht aus den beiden, an der vorderen Säule (Fig. 2) verschiebbaren Federn f, die beim Eintritt des betreffenden Wasserstandes mit einem an der Hülse für die Kurvenzeichenfeder c befindlichen Platinstifte in Berührung kommen. Der Strom der zugehörigen Batterie geht dann durch das Quecksilber des isolirt aufgestellten Manometers, durch den Schwimmer s in die Schwimmerstange d, durch den eben erwähnten Platinstift, den Körper des Apparates und eine Drahtleitung zur Glocke des betreffenden Läutewerkes.

Der vorbeschriebene selbstthätige Druckluftpegel steht unter patentamtlichem Schutze. Er wird von Hrn. Präzisionsmechaniker R. Fuess in Steglitz in jedem dem Umfange des Wasserstandswechsels der betreffenden Beobachtungsstation entsprechenden Grössenverhältnisse hergestellt und unter Beifügung einer genauen *Anleitung* zu seiner Bedienung und Instandhaltung, auf Wunsch auch unter Beifügung der vorhin erwähnten Ablesevorrichtung zur unmittelbaren Entnahme fehlerfreier Ordinaten von dem durch Feuchtigkeitseinflüsse in seinen Grössenverhältnissen mehr oder weniger veränderten Papierbogen abgegeben.

---

[1]) Während bei den Druckluftpegeln älterer Systeme die Luftpumpe zur Zurückdrängung des Wassers in die Nullfläche *dauernd* im Betriebe erhalten werden oder wenigstens *unmittelbar vor jeder einzelnen Beobachtung* in Anwendung gebracht werden muss, wenn man (namentlich bei den höheren Wasserständen) nicht Gefahr laufen will, zu erheblich entstellten Ergebnissen zu gelangen, hat bei diesem selbstthätigen Druckluftpegel die dem Apparate beigegebene Luftpumpe lediglich die zwar wichtige, aber doch untergeordnete Aufgabe, unvermeidliche, durch Undichtwerden der Leitung u. s. w. entstehende Betriebsstörungen zu beseitigen.

Referate.

Ueber eine absolute Bestimmung der Ausdehnung des Wassers.

Von M. Thiesen, K. Scheel und H. Diesselhorst. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 340. 1897.*

Die Arbeit enthält den Bericht über die Bestimmung der Ausdehnung des Wassers nach der Methode der kommunizirenden Röhren, derselben Methode, nach welcher Regnault die Ausdehnung des Quecksilbers ermittelte. Prinzipiell sollen nach dieser Methode die Längen zweier mit einander kommunizirenden Flüssigkeitssäulen gemessen werden, in Wirklichkeit wurde auch in der vorliegenden Arbeit die Regnault'sche Abänderung benutzt, dass man die Längen der Wassersäulen annähernd gleich machte und dafür die an den freien Enden auftretende Druckdifferenz durch ein Differentialmanometer bestimmte.

Die vertikalen Theile der kommunizirenden Röhren werden von zwei einander gleichen Wasserbädern getragen und auf einer konstanten Temperatur erhalten. Jedes dieser 180 *cm* von einander entfernten Wasserbäder besteht im Wesentlichen aus zwei konzentrischen Zylindern, von denen der äussere bei 3 *m* Länge 20 *cm* Durchmesser, der innere 14 *cm* Durchmesser besitzt. Jeder Zylinder setzt sich dabei aus mehreren einzelnen Rohrenden zusammen, die durch Messinggusstheile (Doppelringe) verbunden sind. Diese Doppelringe erfüllen verschiedene Aufgaben. Einmal enthält das mittlere Paar (in gegenseitiger Entfernung von 1 *m*) Ansätze zur Zu- und Abfuhr des temperirenden Wassers, dessen Zirkulation in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Das Wasser tritt durch den unteren Ansatz a_1 ein, wird durch ein im äusseren Zylinder liegendes etwa 1 *m* langes Rohr bis nahe zum Boden geführt, fliesst dann in den äusseren Zylinder selbst aus und wird, nachdem es diesen der Länge nach durchflossen hat, durch ein vertikales Rohr auf den Boden des inneren Zylinders geführt. Nachdem das Wasser auch diesen in der Richtung von unten nach oben durchströmt hat, wird es endlich mit Hülfe eines bis unter den Deckel des inneren Zylinders reichenden Rohres durch den Ansatzstutzen a_2 zum Thermostaten zurückgeleitet.

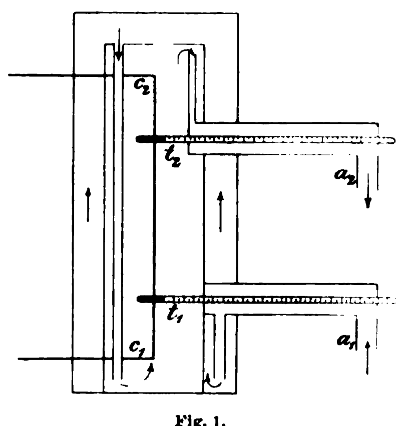


Fig. 1.

Gleichfalls durch die mittleren Messinggusspaare waren die horizontal liegenden Thermometer t_1 t_2 eingeführt, deren Gefässe nahe der Achse und damit nahe den vertikalen Theilen der kommunizirenden Röhren sich befanden. Die Ablesung der ganz vom Wasser umspülten Thermometer geschah mittels fest aufgestellter Mikroskope durch Spiegelglasplatten hindurch. Eine besondere, nicht näher beschriebene Anordnung erlaubte, die Thermometer zum Zwecke der Ablesung in die Lagen „Theilung vorn“ und „Theilung hinten“ zu drehen, auch konnte man leicht ohne erheblichen Wasserverlust die Thermometer in die gefüllten Bäder einsetzen und aus diesen wieder herausnehmen.

Durch die äusseren, im gegenseitigen Abstande von 2 *m* befindlichen Doppelringpaare waren die horizontalen Theile des kommunizirenden Röhrensystems eingeführt. Das Röhrensystem besteht aus 6 *mm* weiten, innen gut verzinnten Messingröhren. Nur in der Nähe der Wasserbäder sind den horizontalen Rohren enge, 1 *mm* weite Rohre parallel angeordnet, welche der Absicht nach während der Messungen die weiteren Röhren zwecks besserer Bestimmung der Längen der Flüssigkeitssäulen ersetzen sollten. Indessen ist diese Absicht nicht zur Ausführung gelangt. Ferner sind in die horizontalen Theile der kommunizirenden Röhren zur Verminderung der Wärmeleitung durchbohrte Hartgummiklötze eingeschaltet.

Die horizontalen Röhren münden dann in der in Fig. 2 angedeuteten Weise oben und unten in Wasserkästen, die auf einem besonderen Gerüste stehen. Jeder dieser Wasserkästen ist im Wesentlichen ein oben mit Schraubhahn verschlossener Messingkasten, dessen vertikale Längsseiten durch Spiegelglasplatten ersetzt sind, und der durch eine Querwand

in zwei Theile getheilt ist. Diese Querwand ist in beiden Kästen oben, im oberen Kasten aber, weil hier die Röhren kommuniziren[1]), auch unten durchbrochen. Während also oben der Druck sich ausgleicht, wird sich im Allgemeinen in den beiden Kammern des unteren Kastens eine Niveaudifferenz herausbilden, deren Grösse dem Unterschiede der Wasserdichte in den beiden vertikalen Röhren proportional ist.

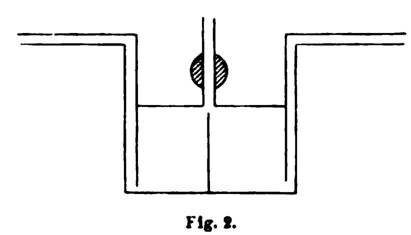


Fig. 2.

Zum Zwecke der Messung dieser Niveaudifferenz war die hintere Spiegelglasplatte auf der Innenseite mit horizontalen, über die ganze Breite reichenden Strichen einer 0,5 *mm*-Theilung versehen. Man benutzt dann das von Herrn **Thiesen** in *dieser Zeitschr.* ***6.*** *S. 89. 1886* veröffentlichte Prinzip, dass die Wasserfläche bei genügender Ausdehnung in der Mitte zwischen einem Striche und seinem durch totale Reflexion entstandenen Spiegelbilde gelegen ist. Zur Auswerthung dieser Grösse dienten Mikrometermikroskope, deren Objektive den herrschenden Verhältnissen angepasst waren. Etwaige Neigungsänderungen des ganzen Wasserkastens wurden durch eine Libelle angegeben.

Auf den Gang der Beobachtungen näher einzugehen, dürfte an dieser Stelle kein besonderes Interesse haben; hervorgehoben mag nur werden, dass die Beobachtungen nach Möglichkeit symmetrisch zur Mitte angeordnet waren, und dass man mit Hülfsthermometern die Lufttemperatur in der Nähe der Wasserkästen bestimmte. Als Temperaturkombinationen wählte man

in einer ersten Reihe (das kommunizirende System stand im oberen Kasten unter Luftdruck) 20°:30°; 10°:20°; 0°:10°; 30°:0°;

in einer zweiten Reihe (das kommunizirende System stand im unteren Kasten unter Luftdruck): 0°:4°; 4°:10°; 0°:10°; 4°:15°; 15°:20°; 4°:20; 4°:25°; 25°:30°; 4°:30°; 4°:35°; 35°:40°; 4°:40°.

Alle diese Beobachtungen wurden zum Zwecke der Eliminirung des Nullpunktes mit Vertauschung jeder Temperaturkombination zwischen links und rechts vorgenommen; jede einzelne Temperaturkombination wurde im Allgemeinen 6-mal, d. h. 2-mal von jedem der drei Autoren beobachtet.

Ausserdem wurden noch einige Beobachtungen bei beiderseits gleichen Temperaturen angestellt.

In Bezug auf die Berechnung der Beobachtungsergebnisse ist in erster Linie hervorzuheben, dass zur Bestimmung der Wassertemperatur gut untersuchte und verglichene Thermometer dienten, deren Angaben auf das Wasserstoffthermometer reduzirt wurden. Weniger leicht war eine Korrektion der mikrometrisch gemessenen Abstände zwischen einem direkt gesehenen und einem gespiegelten Strich zu ermitteln. Diese Korrektion wurde dadurch bedingt, dass die Abstände der gespiegelten Striche von einander um mindestens 0,02 ihres Werthes zu klein erschienen, sodass die ohne Korrektion berechnete Lage der Wasseroberfläche von der Wahl der zur Einstellung benutzten Striche abhängig war. Der Grund davon lag offenbar in der durch die Kapillarität erzeugten Konvexität der Wasseroberfläche gegen die Strahlen, ihr Krümmungsradius in der Mitte bei einem Durchmesser der Kammer von 6 *cm* mochte einige Meter betragen. Die Korrektion wurde empirisch aus den am Anfang jeder Beobachtung gemessenen Abständen der gespiegelten Striche abgeleitet.

Die weitere Rechnung wurde nach der folgenden Formel ausgeführt, nachdem man sich nach den Angaben der Hülfsthermometer davon überzeugt hatte, dass die Temperaturunterschiede der einzelnen aus den Wasserbädern herausragenden Theile des Röhrensystems nicht berücksichtigt zu werden brauchten:

$$\varepsilon_l - \varepsilon_r = \frac{L-R}{L+R}(2\varepsilon - \varepsilon_l - \varepsilon_r) + \frac{2\eta}{L+R}(\varepsilon - \gamma),$$

[1]) Die Möglichkeit, das Röhrensystem unten kommuniziren zu lassen und oben zu beobachten, ist nicht benutzt worden.

wo ε_l und ε_r die Dichten des in den vertikalen Säulen links und rechts enthaltenen Wassers, *L* und *R* die Längen dieser Säulen, ε die Dichte des Wassers bei Zimmertemperatur, γ die Dichte der feuchten, in dem unteren Wasserkasten enthaltenen Luft und η die Niveaudifferenz im Wasserkasten im Sinne links weniger rechts bedeuten. Hiervon sind ε und γ in genügender Annäherung bekannt, *L* und *R* wurden durch direkte Messung ermittelt.

Die Verbindung der 12 zu einer Temperaturkombination gehörenden Einzelbeobachtungen erfolgte erst, nachdem man die Differenz zwischen den beobachteten und nach einer Annäherungsformel berechneten Werthen eingeführt hatte. Man erreichte hierdurch nicht nur den Vortheil einer einfacheren Berechnung, sondern konnte hiernach die verschiedenen Beobachtungen, auch wenn sie sich nicht auf ganz gleiche Temperaturen bezogen, mitteln und das erhaltene Mittel leicht auf den vollen Temperaturgrad beziehen.

Die Ausgleichung der Resultate ergab für die einzelnen Beobachtungstemperaturen folgende Werthe für die Dichten und Volumina des Wassers unter dem Druck einer Atmosphäre, die Temperaturen in der international als gültig angenommenen Wasserstoffskale gemessen:

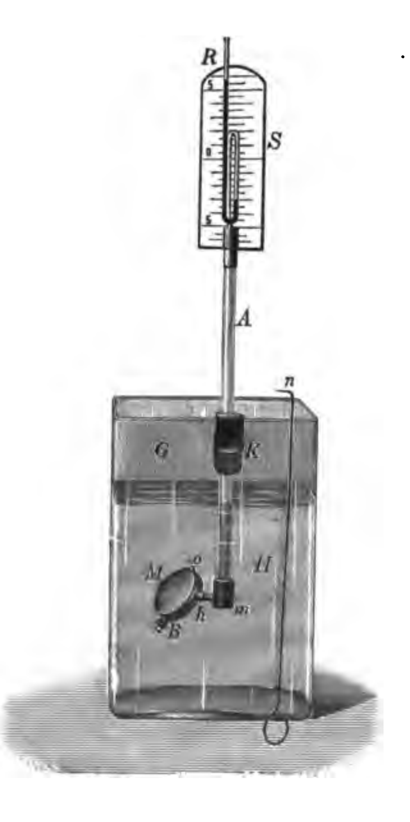
t	ε	v
0°	0,999 8679	1,000 1321
3,98	1,000 0000	1,000 0000
10	0,999 7272	1,000 2728
15	0,999 1263	1,000 8745
20	0,998 2298	1,001 7733
25	0,997 0714	1,002 9372
30	0,995 6732	1,004 3456
35	0,994 0576	1,005 9779
40	0,992 2417	1,007 8190

Die übrigbleibenden Fehler gehen nur in zwei Fällen über eine Einheit der sechsten Stelle hinaus; im Uebrigen stimmen die Werthe mit den besten bisher bekannten relativen Beobachtungen gut überein.

Die nähere Diskussion der Resultate wird einer weiteren Publikation vorbehalten. *Schl.*

Apparat zur Untersuchung des Druckes in Flüssigkeiten.

Von H. Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 120. 1896.*



Der Verfasser reiht den beiden Formen des Apparates, die er *a. a. O.* **8.** *S. 204. 1895 (diese Zeitschr.* **16.** *S. 184. 1896)* beschrieben hat, eine neue an, die bedeutend einfacher ist. Das untere Ende einer starken Glasröhre *A* ist in ein innen ausgebohrtes Messingklötzchen *m* eingekittet, an dem ein waagrechtes Messingröhrchen *h* sitzt. Auf dieses ist ein anderes Messingröhrchen luftdicht aufgeschliffen, das mit einem Ende in das Innere des schmalen Messingrings *B* reicht, der auf beiden Seiten durch Kautschukhäutchen *M* geschlossen ist. In das obere Ende der Röhre *A* ist luftdicht ein mit gefärbtem Wasser gefülltes Manometer *R* eingesetzt, an dem die Skale *S* befestigt ist. Die Röhre *A* kann mit mässiger Reibung in einer federnden Messingröhre verschoben werden, die an der Klemme *K* sitzt, mit der der Apparat auf dem Rande des Glasgefässes *G* befestigt wird. Schiebt man die Röhre *A* so hoch empor, dass die Häut-

chen *M* vollständig über dem Wasserspiegel liegen, so zeigt das Manometer auf Null. Wird die Vorrichtung in das Wasser eingetaucht, so zeigt das Manometer die Aenderung des Druckes mit dem Abstande von der freien Oberfläche an. Hält man in einer beliebigen Höhe die Röhre *A* fest und dreht man mittels des Messingdrahtes *H*, dessen umgebogenes Ende *n* man in einen der beiden Ringe *o* einhakt, die Druckdose *B* um 360°, so zeigt das Manometer stets denselben Druck an, es ist also dieser von der Neigung der gedrückten Fläche unabhängig. Ersetzt man das Wasser durch Salzlösungen, so kann man auch die Abhängigkeit des hydrostatischen Druckes von der Dichte der Flüssigkeit nachweisen. Der Apparat wird von dem Mechaniker J. Antusch in Reichenberg (Deutschböhmen) angefertigt. Preis einschl. Gefäss: 17 M. *H. H.-M.*

Aktinometrische Beobachtungen am Montblanc.

Von Crova und Houdaille. *Compt. rend.* ***123.*** *S. 928. 1896.*

Am 18., 19. u. 23. August vorigen Jahres führten die Herren Crova und Houdaille auf den Stationen Chamonix (1050 *m*) und Grands-Mulets (3020 *m*) aktinometrische Messungen aus mit zwei Crova'schen Instrumenten, die vorher in Montpellier sorgfältig verglichen und nach dem dort befindlichen absoluten Quecksilber-Pyrheliometer graduirt worden waren. Aus den wenigen Beobachtungen mögen hier nur die Mittelwerthe angeführt werden, nach denen für die Anzahl der Wärmeeinheiten (Gramm-Kalorien), die auf eine den Sonnenstrahlen normal ausgesetzte Fläche von 1 cm^2 entfallen, nachstehende Beträge erhalten wurden: Bei den Grands-Mulets (3020 *m*) 1,497, in Chamonix (1050 *m*) 1,242 und in Montpellier (48 *m*) (als Mittelwerth für den ganzen Monat August) 1,059 Kalorien.

Vier besonders ausgewählte Beobachtungen vom 19. u. 23. August auf den Grands-Mulets lieferten für die Solarkonstante, d. h. für die an der Grenze der Atmosphäre bei senkrechter Bestrahlung der Sonne auf den Quadratzentimeter treffende Wärmemenge, den Werth 2,90 Kal.

„Wir legen unseren Resultaten aber nur wenig Werth bei", so bemerken die Herren Crova und Houdaille am Schlusse ihrer Mittheilung, in Anbetracht der ungünstigen Umstände, unter denen sie gewonnen worden sind: „Immerhin können wir nicht unterlassen zu erwähnen, dass jene beinahe identisch sind mit den höchsten Werthen, welche wir auf dem Gipfel des Mont Ventoux erhalten haben und welche uns dazu geführt hatten, der Solarkonstanten einen von 3 Kalorien wenig verschiedenen Werth beizulegen, den übrigens auch die Herren Langley und Savélieff (Kiew) aus ihren Messungen deduzirten. Bei dem gegenwärtigen Stande unserer aktinometrischen Kenntnisse denken wir, dass aber auch dieser Werth noch zu gering ist[1]); Beobachtungen, welche mehrere Tagesperioden umfassen und die unter ausgezeichneten atmosphärischen Bedingungen in möglichst grossen Höhen ausgeführt würden, dürften jedenfalls dazu beitragen, noch genauere Werthe für die Solarkonstante zu liefern." *J. M.*

Ueber einen Apparat zum Studium aller Eigenschaften elektrischer Wellen.

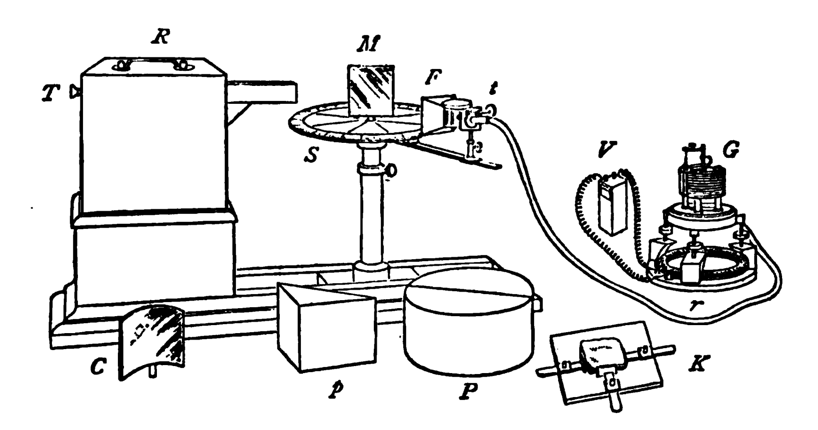
Von J. Chunder Bose. *Phil. Mag.* ***43.*** *S. 55. 1897.*

Der Erreger des im Wesentlichen von Lodge herrührenden Apparates besteht aus zwei kleinen Platinkügelchen, zwischen denen sich eine grössere Platinkugel befindet. Die äusseren Kügelchen sitzen an zwei mit Gelenken versehenen Elektroden, um die Entfernungen von der mittleren Kugel reguliren zu können, und sind in leitender Verbindung mit den Sekundärpolen eines kleinen Induktoriums. Um von dem lästigen Putzen der Kugeln befreit zu sein, wird kein selbstthätiger Unterbrecher angewandt, vielmehr werden nur die Schwingungen benutzt, die durch eine einmalige Unterbrechung mit einem einfachen Schlüssel zu Stande kommen. Um die magnetischen Störungen, die durch Oeffnen und Schliessen des Primärkreises entstehen, vom Aussenraum fernzuhalten, stehen Spule und

[1]) Schon Knut Angström hat ja die Solarkonstante auf 4 Kal. veranschlagt. — Ref.

Element in einem grossen eisernen Kasten. Dieser ist in einen Messingkasten gesetzt, der den ganzen Erreger umgiebt und eine Streuung der elektrischen Wellen verhüten soll. Dieser Kasten *R* trägt an der Vorderseite eine Röhre, durch die die Strahlen heraustreten; seitlich ist ein Knopf *T* (vgl. die Figur) angebracht, durch den man den Primärstrom schliessen und öffnen kann.

Der Empfänger besteht aus einer Reihe kleiner Spiralfedern aus Stahl, die in einer rechteckigen Vertiefung einer Ebonitplatte nebeneinander liegen; eine Glasscheibe bedeckt diese Platte und erhält die Federn in ihrer Lage. Die Federn liegen zwischen zwei Messingbacken, von denen die eine fest ist, die andere durch eine feine Schraube bewegt werden kann, sodass die Federn mehr oder weniger gegen einander gedrückt werden können.



Diese Vorrichtung liegt in einem Stromkreis, der eine mittels des Rheostaten *r* kontinuirlich veränderliche elektromotorische Kraft und ein Galvanometer *G* enthält. Durch Drehen der Schraube am Empfänger kann man seinen Widerstand in geeigneter Weise verändern; wird jetzt der Empfänger von elektrischen Strahlen getroffen, so sinkt plötzlich der Widerstand und das Galvanometer zeigt einen starken Ausschlag. Durch Verändern des Widerstandes des Empfängers und der elektromotorischen Kraft kann man den Empfänger ohne Schwierigkeit auf jede Schwingungszahl der auffallenden Strahlen abstimmen. Die kürzeste Wellenlänge, womit gearbeitet wurde, betrug 6 *mm*. Zum Schutz ist der Empfänger von einem Metallkasten umgeben, der an der Vorderseite einen Tubus *F* trägt; ausserdem ist eine Tangentenschraube *t* angebracht, wodurch man ihn um den einfallenden Strahl als Achse drehen kann.

Die Figur zeigt den Aufbau des Apparates, wie er zur Demonstration der Reflexion an Plan- und Hohlspiegeln (*M* und *C*) und der Refraktion gebraucht wurde. Die Versuche erfordern zum Theil parallele Strahlen; man erhält diese durch Einschalten einer Zylinderlinse aus Ebonit oder Schwefel. Zur Bestimmung von Brechungsexponenten wurden aus dem betreffenden Material zylindrische Klötze *P* hergestellt, die der Länge nach durchschnitten wurden. In den Schnitt wird eine Metallplatte eingeschoben, die in der Mitte ein Loch hat, um nur Zentralstrahlen hindurchzulassen. Der Empfänger wird dem Erreger auf dem Spektrometer *S* gegenübergestellt und der Zylinder nach der einen und nach der anderen Seite so lange gedreht, bis der Grenzwinkel erreicht ist; *p* ist ein totalreflektirendes Prisma.

Weiter werden die aus der Optik bekannten Versuche über selektive Absorption, Interferenz, Doppelbrechung und Polarisation angestellt. Zu den Polarisationsversuchen wurden zwei auf einen viereckigen Rahmen gespannte Gitter aus feinem Kupferdraht benutzt, die in die Röhren des Erregers und Empfängers eingesetzt waren und als Polarisator und Analysator dienten. Bringt man zwischen beide doppelbrechende Krystallplatten mittels des Halters *K*, so kann man die bekannten optischen Erscheinungen beobachten. Interessant ist, dass Serpentin diejenigen Strahlen, die parallel zu den Fasern im Gestein polarisirt sind,

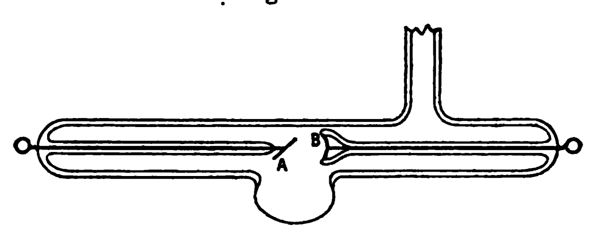
schlechter hindurchlässt als die senkrecht dazu gerichteten. Dasselbe war der Fall bei einer Platte, die aus Jutefasern bestand. Diese Materialien verhalten sich also wie der Turmalin sichtbaren Strahlen gegenüber und sind sehr bequem als Polarisatoren zu benutzen.

E. O.

Röntgen'sche Röhre.

Von E. Colardeau. *Journ. de phys.* **5.** *S. 542. 1896.*

Die ersten zur Erzeugung von Röntgen'schen Strahlen benutzten Röhren lieferten deshalb keine sehr scharfen Bilder, weil die Strahlungsquelle, die der Kathode gegenüberliegende Glaswandung, eine beträchtliche Ausdehnung hatte. Von den Konstruktionen, die diesen Uebelstand beseitigten, haben sich die jetzt allgemein gebräuchlichen „Fokus-Röhren“ am besten bewährt; bei diesen werden die X-Strahlen bekanntlich in einem in dem Krümmungsmittelpunkt des Kathoden-Hohlspiegels aufgestellten Stück Metallblech erzeugt. Da die Kathodenstrahlen die Kathode nahezu senkrecht verlassen, so liegt die Spitze des Strahlenkegels in der Nähe dieses Krümmungsmittelpunktes; indessen ist die Lage des Vereinigungspunktes der Strahlen von dem Grad der Luftleere abhängig. Fällt also das Fokusblech nicht mit dem Brennpunkt der Strahlen zusammen, so werden die Bilder wieder unscharf. Colardeau giebt deshalb dem Fokus-Blech eine sehr geringe Grösse.



Ferner haben ihm Versuche gezeigt, dass es günstig ist, den Weg, welchen die Kathodenstrahlen im Innern der Röhre zurücklegen, möglichst kurz zu machen. Beistehende Figur stellt die Colardeau'sche Röhre in natürlicher Grösse dar. Die zylindrische Röhre von 6 bis 7 *mm* Durchmesser wird durch die Kathode *B* von 4 *mm* Durchmesser beinahe ausgefüllt. Die Kathode hat einen Krümmungsradius von etwa 5 *mm*; in 7 bis 8 *mm* Abstand von ihr befindet sich das unter 45°, wie üblich, geneigte Fokus-Blech *A*, das nur wenige Quadratmillimeter Fläche hat. An der Austrittsstelle der X-Strahlen ist die Röhre zu einer kleinen Ampulle von nur 0,1 *mm* Dicke aufgeblasen, sodass die zu durchsetzende Glasschicht möglichst wenig Strahlen absorbiren kann. Wegen des geringen Volumens der Röhre muss man sie, um das Vakuum unverändert zu halten, entweder mit der Pumpe dauernd verbunden lassen oder an ein grösseres, gleichfalls evakuirtes Gefäss anschmelzen. Bei Verwendung eines grossen Induktoriums genügten vier Unterbrechungen des induzirenden Stroms, um ein scharfes Bild einer Hand zu erzeugen.

Sogar *eine* einzige Unterbrechung gab schon deutliche Bilder. Mittels eines mit bekannter Geschwindigkeit rotirenden, metallischen Zahnrades stellte der Verf. die *einer* Unterbrechung entsprechende Dauer der photographischen Wirkung zu etwa 0,001 Sekunde fest. Wurde nämlich das Zahnrad einmal ruhend, dann während der Rotation mittels der X-Strahlen photographirt, so waren die Zahnlücken auf dem zweiten Bild im Vergleich zu dem des ruhenden Rades im Sinne der Rotation verbreitert. Hieraus lässt sich offenbar die Dauer der photographischen Wirkung berechnen. Dieselbe Methode hat übrigens auch Trouton benutzt (vgl. *Chem. News* **74.** *S. 175. 1896*).

Zwei in verschiedenen Lagen der Röhre aufgenommene Bilder desselben Gegenstandes geben eine sehr gute stereoskopische Wirkung. *Lck.*

Bericht über eine Abhandlung von Jäderin, seine neue Basismessmethode betreffend.

Von d'Abbadie, Bouquet de la Grye und Bassot. *Compt. rend.* **123.** *S. 155. 1896.*

Es ist bekannt, dass Jäderin eine sehr grosse Genauigkeit der Längenmessung (Basismessung II. O.) mit Hülfe von Drähten erreicht hat. Mit seinem Apparat, bestehend aus zwei Drähten von 1,6 *mm* Stärke und 25 *m* Länge, der eine aus Stahl, der andere aus Phosphorbronze,

hat kürzlich Jäderin einen Theil der in der Nähe von Paris gelegenen Grundlinie nachgemessen. Seine Abhandlung und der vorliegende Bericht darüber geben die Einzelheiten der Messung und Berechnung. Mit allen Vorsichtsmassregeln glaubt Jäderin bis zu einer Genauigkeit von $^1/_{500000}$ kommen zu können. Während diese Genauigkeit aber bei der Messung einer Grundlinie von 2 *km* in der Nähe von Stockholm erreicht wurde, ebenso bei der Messung der Basis von Pulkowa (1888 mit J.'s Apparat = 1203,287 + 1065,847 = 2269,134 *m*; 1890 mit Struve's Metallstangen-Apparat = 1203,283 + 1065,849 = 2269,132 *m*) blieben die Versuche in der Nähe von Paris weit hinter ihr zurück, sowohl was den reinen Messungsfehler betrifft, als insbesondere, was den regelmässigen Fehler angeht: zwei Messungen der Strecke von 3050 *m* Länge dieser Basis, die 1890 mit dem Brunner'schen Apparat gemessen worden war, im Februar 1896 von J. selbst ausgeführt, stimmen unter sich auf $^1/_{100000}$, ihr Mittel weicht aber um $^1/_{25000}$ von der richtigen Länge ab, was dadurch erklärt wird, dass die Etalonirung der zwei Drähte vor der Messung nicht mit genügender Sorgfalt, nach der Messung garnicht mehr ausgeführt werden konnte. An sich reicht übrigens die Genauigkeit von $^1/_{50000}$, selbst $^1/_{25000}$ für Basismessung II. O. aus und jedenfalls ist Jäderin's Methode als wenig kostspielig, einfach und rasch anzuerkennen, wie das ja auch allgemein geschehen ist. *Hammer.*

Ueber die Verschiebungen von Alhidade gegen Limbus bei den Repetitionstheodoliten französischer Form.

Von Landmesser Nippa. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 675. 1896.*

Bekannt ist die Untersuchung von Friebe über die regelmässigen Fehler der Repetitionsmessung der Horizontalwinkel (vor allem des Mitschleppens des Limbus bei der Drehung der Alhidade) bei Theodoliten Reichenbach'scher Bauart. Die hier angezeigte Abhandlung beschäftigt sich mit derselben Untersuchung für die „französische" Anordnung der Achsen, wobei die Alhidade *in*, der Limbus aber ausserhalb *auf* der Büchse des Dreifusses sich dreht, sodass eine direkte Berührung zwischen Alhidaden- und Limbus-Zapfen nicht stattfindet, und wobei die grobe Limbusdrehung durch eine Ringklemme (starkes Bremsband) gehemmt wird. Die untersuchten Instrumente sind ein Schraubenmikroskop- und ein Skalenmikroskop-Theodolit dieser Bauart von Hildebrand in Freiberg mit 17 *cm* Durchmesser und $^1/_6{}^0$-Theilung. Das Ergebniss ist, dass auch hier gegenseitige Beeinflussung der Kreise stattfindet und dass insbesondere die Ringklemme unbedingt zu verwerfen ist. *Hammer.*

Das Beil-Planimeter.

Von Oberingenieur Gentilli. *Schweiz. Bauzeitung.* **28.** *S. 61. 1896.*

Noch ein Aufsatz über das Stangen-Schneidenplanimeter, der eine anschauliche Erklärung der Wirkungsweise des Instruments zu geben versucht. Die Arbeit ist von Interesse; schade, dass sich der Verfasser mit Ermittelung des theoretischen Maximalfehlers begnügt und nicht zugleich wirkliche Genauigkeitsversuche anstellt und mittheilt, was bei den sich widersprechenden Ansichten über die praktischen Leistungen des Instruments mindestens ebenso erwünscht wäre. Merkwürdig, mit welcher Zähigkeit bei jedem neu auftauchenden Näherungsapparat ähnlicher Art manche (meist s. g. „Praktiker") sich darauf versteifen, mit dem Apparat Dinge machen zu wollen, die er nicht leisten kann, und mit welcher Beharrlichkeit andere (meist s. g. „Theoretiker") ihn in jedem Fall „verwerfen" wollen, eben weil er nicht „genau genug" arbeitet, obgleich er zugestandenermaassen nur ein Näherungsapparat ist und es doch leicht wäre, zu entscheiden, ob er für diesen oder jenen Zweck genügt oder nicht. *Hammer.*

Das Mönkemöller'sche Planimeter.

Von Oberlandmesser Hüser. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 443. 1896.*

Bericht über auffallend günstige Messungsergebnisse mit dem Mönkemöller'schen Planimeter (Abänderung des alten Harfen- oder Faden-Planimeters) auf Plänen im Maassstab 1 : 1000. *Hammer.*

Technische Untersuchung über die Rektifikation der Ellipse und die elliptischen und hyperelliptischen Integrale.

Von V. Williot. *Ann. des Ponts et Chaussées* (7) ***6.*** *S. 22. 1896.*

Der Verfasser sucht zuerst Formeln zur genäherten Rektifikation des Ellipsenumfangs. Er stellt neben die Formel von Boussinesq (R Halbmesser eines Kreises, dessen Umfang gleich dem der Ellipse mit den Halbachsen a und b ist):

$$R < \frac{3}{2} \, \frac{a+b}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{ab} \, ,$$

die erst in Gl_4 (e^2 als Gl_1) vom richtigen Werth abweicht, die neue, ebenso genaue, aber bereits etwas komplizirtere:

$$R > 3 \sqrt{\frac{a+b}{2} \cdot \sqrt{ab}} - 2 \sqrt{ab} \, .$$

Für manche praktischen Zwecke von Interesse ist besonders Kapitel II über die genäherte Rektifikation von Ellipsenbögen, und besonders wegen dieses Kapitels glaubte ich die Abhandlung anzeigen zu sollen. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

Handbuch der Vermessungskunde. Von Prof. Dr. W. Jordan. Dritter Band. Landesvermessung und Grundaufgaben der Erdmessung. Vierte verbesserte und erweiterte Auflage. XX, 593 und [64] S. Hülfstafeln. Stuttgart, J. B. Metzler. Preis 12,80 M.

Mit dem vorliegenden dritten Bande ist die vierte, bedeutend erweiterte Auflage von Jordan's Handbuch der Vermessungskunde, dessen ersten und zweiten Band wir bereits früher besprochen haben (*diese Zeitschr.* ***14.*** *S. 65. 1894*; ***16.*** *S. 95. 1896*) vollständig abgeschlossen. Das uneingeschränkte Lob, das wir den früheren Abschnitten des ausgezeichneten Werkes ertheilen konnten, gilt auch in gleicher Weise von dem dritten Bande. Es ist wiederum anzuerkennen, wie der unermüdliche Verfasser sich keine Mühe hat verdriessen lassen, um alle neuen Erscheinungen auf dem lebhaft vorwärtsschreitenden Gebiete der Geodäsie zu berücksichtigen, und wie es ihm gelungen ist, den umfangreichen Stoff auszufeilen und abzuklären. Wenn auch die Leser dieser Zeitschrift direkt nur an dem instrumentellen Theile des Buches interessirt sind, so dürfte doch ein kurzes Eingehen auf den Inhalt des theoretischen Theiles für die zahlreichen technischen Kreise unter den Lesern von Interesse sein.

Der vorliegende dritte Band behandelt *die Landesvermessung und die Grundaufgaben der Erdmessung.* Vorangeschickt ist die interessante Rede, welche der Verfasser bei Gelegenheit der 25-jährigen Jubelfeier des deutschen Geometervereins „Ueber die Entwicklung des deutschen Vermessungswesens im 19. Jahrhundert“ gehalten hat. Die Einleitung zu dem Bande selbst behandelt in einem kurzen Abriss die Geschichte der Erdmessung. Das sich hieran anschliessende I. Kapitel ist der *Triangulirung erster Ordnung* gewidmet und enthält alles, was für die Praxis der Grundlage einer Landesvermessung zu wissen nöthig ist. Nachdem Aufsuchung und Auswahl der Dreieckspunkte, Pfeilerbau und Signalbau besprochen sind, werden zunächst die Instrumente und Apparate behandelt, welche bei Triangulationen erster Ordnung gebraucht werden, sowie die Methoden der Fehleruntersuchung dieser Apparate entwickelt; nacheinander werden Heliotrope, Fehleruntersuchung bei Theodoliten, Normalmaasse, Komparatoren, Maassbestimmungen und Basisapparate abgehandelt; letzteren ist, entsprechend ihrer Wichtigkeit, besondere Sorgfalt und ein breiter Raum gewidmet. Hieran schliessen sich eingehende Erörterungen über die geschichtliche Entwicklung der Basismessungen, sowie über die gegenwärtig bei diesen grundlegenden Operationen üblichen Methoden. Es folgen praktische Winke über die Anlage der Dreiecksnetze, Anordnung der Messungen, über die Grösse der zu verwendenden Instrumente, über Fehlerfortpflanzung in schematischen Dreiecksnetzen und über Seitenrefraktion. Neu

hinzugefügt sind diesem Kapitel Mittheilungen über unsere gegenwärtige Kenntniss der Veränderlichkeit der Polhöhe (Schwankung der Erdachse) und einige kurze Bemerkungen über die Bedeutung der geographischen Koordinaten in der Geodäsie; es ist nicht recht ersichtlich, warum diese an sich sehr nützlichen Zusätze gerade diesem Kapitel einverleibt worden sind.

Das II. Kapitel giebt die Hauptformeln der sphärischen Trigonometrie und die gebräuchlichsten Reihenentwicklungen.

Im III. Kapitel findet man die Dimensionen des Bessel'schen Erdellipsoïds, sowie der davon abhängigen, in der Geodäsie verwendeten Konstanten, ferner die Ableitung von Ausdrücken für die Krümmungsradien, den Meridianbogen und die Oberfläche des Rotationsellipsoïds.

Das IV. Kapitel behandelt das sphärische Dreieck. Mittels Reihenentwicklungen werden die Reduktionsglieder des schiefwinkligen sphärischen Dreiecks auf das entsprechende ebene mit denselben Seiten abgeleitet. (Erweiterter Legendre'scher Satz.) Die *allgemeine* Aufgabe, ein beliebiges geodätisches Dreieck auf ein ebenes mit denselben Seiten zu reduziren, die hier hätte angeschlossen werden können, wird im X. Kapitel behandelt.

Die Theorie der geodätischen Linie, ihr Verlauf zwischen den beiden Vertikalschnitten in ihren Endpunkten, der Einfluss verschiedener Höhen derselben, sowie ihre Bedeutung für die praktische Vermessung wird im VI. Kapitel gegeben.

Die meisten Ergänzungen und Weiterführungen haben die für die Praxis wichtigen Kapitel V, VII, VIII und IX über *geodätische Koordinaten* erfahren, deren Ausbau zu einem nicht geringen Theile Jordan selbst zu verdanken ist. Die Ergebnisse der praktischen Beobachtungen werden bekanntlich durch geographische Koordinaten oder durch rechtwinklige Koordinaten festgelegt. Beispielsweise giebt die Königl. Preussische Landesaufnahme, ausser den sogenannten Polarkoordinaten, den Entfernungen und Richtungen der trigonometrischen Punkte, die geographischen Positionen und die ebenen rechtwinkligen Koordinaten der Stationen. Die ebenen rechtwinkligen Koordinaten werden durch eine konforme Doppelprojektion des Ellipsoïds auf die Kugel und der Kugel auf die Ebene erhalten. Die Preussische Katasterverwaltung dagegen benutzt die sogenannten Soldner'schen oder kongruente Koordinaten, welche dieselbe Grösse wie auf dem Ellipsoïd haben; das ganze Landesgebiet ist hierbei in 40 Koordinatensysteme eingetheilt. Um daher die Beobachtungen der Landesmessungen praktisch nutzbar zu machen, sind folgende Aufgaben zu lösen: Bestimmung der Koordinaten des Endpunktes einer geodätischen Linie, wenn die Koordinaten des Anfangspunktes, die lineare Länge der geodätischen Linie und der Ausgangs-Richtungswinkel gegeben sind, ferner Ableitung der Entfernung zweier Punkte und der Richtungswinkel aus rechtwinkligen Koordinaten, seien diese nun kongruente Soldner'sche oder konforme Gauss'sche Koordinaten.

Alles dies wird in grosser Ausführlichkeit und Vollständigkeit entwickelt. Man findet die Formeln für die konforme Uebertragung der Kugel auf die Ebene, des Ellipsoïds auf die Ebene, des Kegels auf die Ebene (Mecklenburgische Landesvermessung) und die konforme Abbildung des Ellipsoïds auf die Kugel. Zu bemerken ist noch die kritische Untersuchung über die konformen oder kongruenten Koordinaten, die zu Gunsten der ersteren ausfällt (§ 89). In den §§ 73 bis 77 und im IX. Kapitel werden endlich für kürzere und längere Entfernungen die Aufgaben behandelt: Aus der linearen Länge und dem Azimuth im Ausgangspunkt einer geodätischen Linie und der geographischen Position des Anfangspunktes die geographische Breite, Länge und das Azimuth im Endpunkte, und umgekehrt aus den geographischen Positionen des Anfangs- und Endpunktes die Bogenlängen der geodätischen Linien und ihre Azimuthe zu bestimmen. Diesen Kapiteln ist zur Erleichterung der Rechnungen eine grosse Anzahl von Tafeln beigefügt.

Das XI. und das XII. Kapitel wenden sich den Aufgaben der höheren Geodäsie zu, Bestimmung des günstigsten Referenzellipsoïds und von Lothabweichungen, wobei die von Helmert entwickelten modernen Methoden gebührende Berücksichtigung finden.

Zum Schlusse muss betreffs der Anordnung des Stoffes anerkannt werden, dass auf diejenigen Abschnitte, welche für das erste Verständniss des Studirenden geeignet sind, besonders aufmerksam gemacht ist. Der Lernende ist somit im Stande, schwierigere Kapitel einer späteren Erkenntnissperiode vorzubehalten. Aber nicht allein für den Studirenden ist Jordan's Handbuch der Vermessungskunde ein empfehlenswerthes Unterrichtswerk; es ist vielmehr auch für den reiferen Fachmann ein werthvolles Handbuch und Jedem, der mit der Vermessungswissenschaft zu thun hat, ein unentbehrliches Hülfsmittel. *W.*

Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 80—85. 8°. Leipzig, W. Engelmann.

80. Theorie der Luftschwingungen in Röhren m. offenen Enden. Von H. Helmholtz. (1859.) Hrsg. v. A. Wangerin. 132 S. Kart. 2,00 M.

81. Experimental-Untersuchungen üb. Elektrizität v. Mich. Faraday. (Aus den *Philosoph. Transact. f. 1832.*) Hrsg. von A. J. v. Oettingen. 96 S. m. 41 Fig. Kart. 1,50 M.

82. Systematische Entwickelung der Abhängigkeit geometrischer Gestalten v. einander, m. Berücksicht. der Arbeiten alter u. neuer Geometer üb. Prismen, Projektionsmethoden, Geometrie der Lage, Transversalen, Dualität u. Reciprocität u. s. w. v. Jac. Steiner. 1. Thl. Hrsg. v. A. J. v. Oettingen. 126 S. m. 14 Fig. u. 2 Taf. Kart. 2,00 M.

83. Dasselbe. 2. Thl. Hrsg. v. A. J. v. Oettingen. 162 S. m. 2 Fig. u. 2 Taf. Kart. 2,40 M.

R. Fricke, Hauptsätze der Differential- u. Integral-Rechnung, als Leitfaden zum Gebrauch bei Vorlesungen zusammengestellt. 1. Thl. gr. 8°. IX, 80 S. m. 45 Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 2,00 M.

H. Wild, Verbesserte Konstruktionen magnetischer Unifilar-Theodolite. (Aus: *„Mémoires de l'acad. imp. des sciences de St. Pétersbourg".*) gr. 4°. 31 S. m. 5 Taf. St. Pétersbourg. Leipzig, Voss' Sort. in Komm. 11,00 M.

W. E. Ayrton, *Practical Electricity. Laboratory and lecture course for first year Students of Electrical Engineering, based on the international definitions of the Electrical Units. Re-written. Vol. I: Current, pressure, resistance, energy, power, cells.* 8°. 662 S. m. 217 Fig. London 1896. Geb. 9,50 M.

Notiz.

Zu meiner Mittheilung über das Hamann'sche Planimeter (*diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 361. 1896*) sind mir eine Anzahl von Zuschriften zugekommen, die ebenso wie die in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 54. 1897* veröffentlichte Notiz von Hrn. Prof. Dr. Bohn betonen, dass auch schon früher Polarplanimeter mit $C = 0$ ausgeführt worden sind (Abschnitt 3 meiner Mittheilung). Ich darf vielleicht hier vorläufig darauf hinweisen, dass mir dies nicht unbekannt war; jedoch hat meines Wissens keines dieser Instrumente in der Praxis irgend welche Verbreitung gefunden. Das von Hrn. Bohn *a. a. O.* vorgeschlagene konnte mir allerdings nicht bekannt sein, da es noch nicht ausgeführt und nichts darüber veröffentlicht ist; ich gestatte mir aber auch gleich hier zu bemerken, dass die für den Fall „Pol innerhalb der Figur" vorhandene *Additionskonstante C* von Hrn. Bohn *a. a. O.* und in seiner „Landmessung" (Berlin 1886) *S. 110* nicht richtig angegeben wird. Wäre die Angabe $C = \pi\ (b^2 - 2\,b\,e)$, wo b die Entfernung zwischen Fahrstift und Gelenk und e die Entfernung zwischen Rollenrand und Gelenk bedeutet, richtig, so würde ja auch für diesen Fall, ebenso wie für Pol ausserhalb der Figur, die Länge des Polarms (Entfernung zwischen Gelenk und Pol) garnicht in Betracht kommen, was bekanntlich nicht zutrifft.

Uebersehen habe ich in meiner Mittheilung aber allerdings, dass auch der Hamann'sche Schubkurbelmechanismus in der Anwendung auf das Polarplanimeter schon früher ziemlich ausführlich erläutert worden ist, und zwar in der Schrift des um die Planimeter so sehr verdienten (damaligen Bauamtmanns, jetzigen) Reg.- und Kreisbauraths Hohmann in Regensburg: „Das freischwebende Präzisionsplanimeter etc., mit einem Anhang: Variationen verschiedener Polarplanimeter-Konstruktionen", Erlangen 1883 (vgl. *S. 23 u. 24* und Taf. II. Fig. 9); über weiteres ($C = 0$) s. *ebend. S. 30* und Fig. 12 auf Taf. III. Ich werde in kurzem in einem Nachtrag zu meiner oben genannten Mittheilung auf die Sache zurückkommen. *Hammer.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **April 1897.** Viertes Heft.

Das Helmholtz'sche absolute Elektrodynamometer.

Von
Dr. K. Kahle in Charlottenburg.

Das im Folgenden zu beschreibende Instrument ist schon früher[1]) von mir eingehend behandelt. Während damals mehr Gewicht auf die Mittheilung der Versuche und der Messungsergebnisse gelegt wurde, sollen hier die konstruktiven Einzelheiten ausführlichere Berücksichtigung finden.

Das Instrument ist noch zu Lebzeiten des Präsidenten von Helmholtz nach seinen Plänen in der Werkstatt der Reichsanstalt unter Herrn Franc von Liechtenstein angefertigt. Es hat bis zu seiner endgültigen Fertigstellung verschiedene Entwicklungsstufen durchgemacht, bei deren Durchbildung auch die Herren Kreichgauer und Jaeger betheiligt sind.

Das Prinzip des Helmholtz'schen Elektrodynamometers ist kurz das folgende. Das Drehmoment zweier aufeinander senkrechten Spulen, von denen die eine die andere umschliesst, wird durch Wägung bestimmt. Die elektrodynamischen Konstanten werden dabei nicht aus den nur ungenau bestimmbaren Dimensionen der Spulen berechnet, sondern sie werden auf einen einfachen Stromlauf von genau ausmessbaren Dimensionen zurückgeführt, der nicht, wie sonst üblich, kreisförmig, sondern viereckig gewählt ist.

Als wesentliche Theile des Instrumentes unterscheiden wir daher in der jetzt zu beginnenden Beschreibung: das Stromviereck und das Elektrodynamometer.

Vorausgeschickt soll noch werden, dass sämmtliche bei der Herstellung des Instrumentes verwandten Materialien eisenfrei sind, wie in jedem Falle mittels eines Bifilarmagnetometers festgestellt wurde.

Beschreibung des Instrumentes.

A. Das Stromviereck.

Der durch Fig. 1 dargestellte viereckige Stromlauf wird aus 0,1 *mm* dickem und 22 *mm* breitem Kupferband gebildet, das von Sy & Wagner in Berlin bezogen und über einen viereckigen Rahmen mit verstellbaren Ecken gespannt ist. Dieser besteht aus dreikantigen, hohlen Messingstäben *T*, die an den Ecken über entsprechend geformte Zapfen der Platten *P* geschoben und mit ihnen verlöthet sind. Der Träger steht auf zwei Füssen, die auf dem unten näher zu beschreibenden Dreifuss *D* festgeschraubt sind.

Das Viereck ist aus zwei gleichen Bändern B_1 und B_2 zusammengesetzt; jedes

[1]) Kahle, *Wied. Ann. 59. S. 532. 1896.*

ist über eine abgerundete Ecke geführt, und die zusammengehörigen Enden beider werden in den Klemmen Z und S zusammengehalten, welche scharfe Ecken bilden.

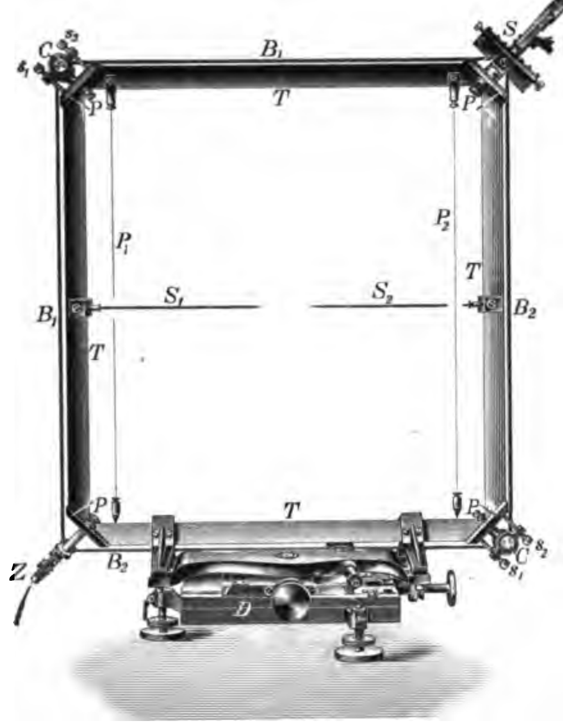


Fig. 1.

An den abgerundeten Ecken laufen die Bänder über Glaszylinder C von 14 *mm* Durchmesser, die an den Enden in Messingringen mit Ansätzen für drei Stellschrauben gefasst sind. Von diesen sind nur die vorderen s_1 und s_2 zu sehen; an der hinteren Fassung ist für die dritte Schraube ein senkrecht zur Ebene der Zeichnung verlaufender Ansatz angebracht. Die Stellschrauben ruhen in kleinen Vertiefungen der Eckplatten P. Von jeder Fassung läuft noch ein Messingstab nach unten, durchsetzt die Eckplatten und trägt an seinem unteren Ende eine Mutter. Hierdurch werden die Böcke am Herunterfallen gehindert, wenn sie nicht durch die Bänder gehalten werden.

Die Einzelheiten der scharfen Ecke Z sind durch Fig. 2 dargestellt. Die Bänder liegen hier in einer Klemme, die annähernd in der Richtung der Diagonale des Vierecks auf den Stangen A_1 und A_2 zu verschieben ist. Die eine Backe B_1 umfasst die andere B_2 an beiden Seiten und wird hier von den Stangen A_1 und A_2 in ihrer Längsrichtung durchsetzt. Die von den Backen eingeschlossenen Bänder b_1 und b_2 sind von einander durch einen 0,1 *mm* dicken Glimmerstreifen i,



Fig. 2.



Fig. 3.

von den Backen durch Streifen i_1 und i_2 aus paraffinirtem Papier isolirt. Gegen die Spannung der Bänder wird die Klemme durch die Muttern S_1 und S_2 gehalten.

Etwas verwickelter ist die Einrichtung der durch Fig. 3 dargestellten Ecke S. Die Bänder liegen auch hier zwischen zwei Backen B_1 und B_2, die längs der Stangen A_1 und A_2 zu verschieben sind. Die Ecke des Bandvierecks wird jedoch nicht durch

diese Klemme, sondern durch einen Schlitz bestimmt, den die beiden mittels Schrauben auf dem Tischchen T verstellbaren Schlitten S_1 und S_2 bilden. Das Tischchen besitzt zwei nach unten verlaufende, von den Stangen A_1 und A_2 durchsetzte Ansätze und kann ebenfalls längs dieser Stangen verschoben werden. Die Ecke kann somit durch Verschieben des Tischchens in Richtung der Diagonale des Vierecks und durch Verschieben des Schlitzes auch senkrecht dazu verstellt werden.

Die Backe B_1 erstreckt sich hinter der Backe B_2 hin und ist an den Seiten der Rundung der Stäbe A_1 und A_2 entsprechend ausgehöhlt. In den oberen Theil der Backe B_1 greift die Zugschraube Z ein, die zum Spannen der Bänder dient und im Joch J gelagert ist. Sie trägt oben eine Theilung, um den angewandten Zug reguliren zu können.

Beim Anspannen der Bänder wirkt auf das Tischchen T eine nach oben gerichtete Zugkraft. Um ihr entgegenzuwirken, sind an den Stangen A_1 und A_2 die Messingleisten H_1 und H_2 verschraubt, die von den Stellschrauben s (nur die vordere ist in der Fig. zu sehen) durchsetzt sind. Letztere werden soweit herausgeschraubt, dass sie das Tischchen T berühren und so eine Verschiebung desselben nach oben verhindern.

Die Bänder b_1 und b_2 sind in ähnlicher Weise, wie oben beschrieben, durch die Streifen i_1 und i_2 aus paraffinirtem Papier von den Backen B_1 und B_2 und von den Schlitten S_1 und S_2 isolirt. Von einander sind sie nur zwischen den Backen B_1 und B_2 durch einen gleichen Streifen i getrennt, zwischen den Schlitten S_1 und S_2 liegen sie ohne Zwischenlage aufeinander, wenn der Schlitz geschlossen ist.

An weiterem Zubehör des Vierecks sind in Fig. 1 noch die beiden Senkel P_1 und P_2 und die in die vertikalen Seiten des Rahmens eingeschraubten Stangen S_1 und S_2 zur Darstellung gebracht. Mit Hülfe der ersteren lässt sich das Viereck bei Aenderungen seiner Aufstellung wieder in die alte Lage bringen, letztere dienen dazu, das Viereck zur Stromwaage zu orientiren.

Das ganze Viereck steht auf dem Dreifuss D, der in seinen Einzelheiten durch Fig. 4 zur Anschauung gebracht wird. Er ermöglicht, dem Viereck in gewissen Grenzen jede beliebige Feinverschiebung zu ertheilen. Seine Grundplatte G ist unten durch Rippen versteift und ruht auf drei mit Theilkreisen versehenen Fussschrauben F_1, F_2 und F_3. An seinen Längsseiten sind die beiden Leisten L_1 verschraubt, die dem Schlitten S_1 die Führung geben. Seine Verschiebung wird mit Hülfe der Mikrometerschraube s_1 bewerkstelligt und an der Theilung dieser, sowie an den Theilungen A und B abgelesen. Auf dem Schlitten S_1 bewegt sich ein zweiter Schlitten S_2 senkrecht zu ersterem zwischen den Leisten L_2 und wird mittels der Mikrometerschraube s_2 und mittels der Theilungen C und D eingestellt. Der Schlitten S_2 trägt in seiner Mitte einen Zapfen Z, um den die Platte P drehbar ist. Auf den vier Vorsprüngen der letzteren sind die Füsse des Bandvierecks verschraubt. Zur Drehung der Platte P dient die Schraube s_3, die auf dem Schlitten S_2 in dem Winkelstück p_1 gelagert ist und gegen die Platte drückt. Ihr Kopf besitzt auf der Stirnseite eine Theilung, vor der ein dreikantiger Stift spielt. Der federnde Stift s in der Buchse B, die mittels der Platte p_2 auf dem Schlitten S_2 befestigt ist, drückt die Platte P jeder Zeit gegen die Schraube s_3.

Die Anbringung der Bänder auf dem Rahmen geschieht in folgender Weise. Je ein Ende beider wird durch den Schlitz geführt und mit der nöthigen Isolation in der Klemme S festgelegt. Das obere Band wird dann von oben herum, das untere von unten herum über die abgerundeten Ecken durch die Klemme Z geführt, die



ohne Einfügung von Isolation soweit geschlossen wird, dass sich die Bänder noch eben in ihr bewegen können. Nachdem der Rahmen sodann auf einen festen Tisch durch Schraubzwingen sicher befestigt ist, werden die Bänder durch Anhängen von Gewichten etwa auf die gleiche Spannung gebracht.

Zunächst richtet man die Bänder roh aus, indem man mit dem Taster feststellt, dass die Bandseiten überall denselben Abstand von der ihnen zugekehrten Fläche des Rahmens haben. Die Stellung der Klemme *S* bleibt dabei fest, und Aenderungen werden nur an den beiden runden Ecken durch Verstellen der Stellschrauben und

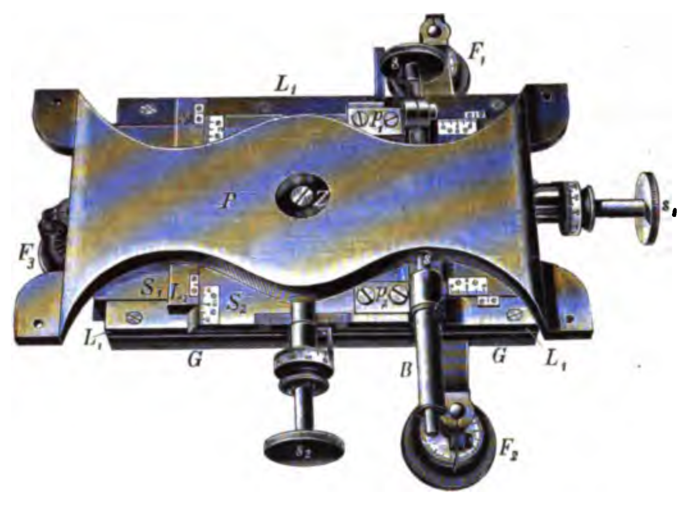


Fig. 4.

an der Ecke *Z* durch Verschiebung der Klemme vorgenommen. Hierauf fügt man an der Ecke *Z* die nöthigen Isolationen ein und nimmt die feinere Justirung vor dem Kathetometer vor.

Eine dabei stattfindende Aenderung der Spannung der Bänder lässt sich, wenn sie für beide denselben Betrag hat, mittels der Zugschraube *Z* (Fig. 3) ausgleichen. Hat sich die Spannung der Bänder ungleich geändert, so lässt man zunächst beide Bänder mittels der Zugschraube nach, verschiebt nach Oeffnen der Klemme *Z* (Fig. 1) die Bänder um eine Kleinigkeit gegeneinander und zieht nach dem Schliessen der Klemme *Z* die Zugschraube wieder an. Dass beide Bänder gleiche Spannung haben, lässt sich am leichtesten durch die Tonhöhe der angezupften Bandseiten feststellen.

B. Das Elektrodynamometer.

Das durch Fig. 5 dargestellte Elektrodynamometer ist eine besonders fest konstruirte Waage, auf deren Balken die bewegliche Spule steht und deren Kasten von den festen Spulen eingeschlossen wird. Die übliche Schneide, auf der der Waagebalken ruht, ist durch einen Zylinder ersetzt, der auf zwei Bändern, den Stromzuführungen zur beweglichen Spule, rollt.

Die Grundplatte *G* der Waage wird von den Mikrometerschrauben F_1, F_2 und F_3 getragen und von dem Boden *B* des Waagekastens überdeckt, den eine starke Messingplatte bildet. Sie ruht an ihren Enden auf den geschliffenen Flächen E_1 und E_2 der Grundplatte *G* und besitzt in der Mitte einen nach unten verlaufenden Zapfen, der sich in dem durchbohrten Zapfen *Z* der Grundplatte *G* dreht. Auf diese Weise sind Durchbiegungen des Bodens ausgeschlossen, die bei der weiter unten erwähnten Empfindlichkeit des Apparates gegen Neigungen feinere Messungen unmöglich ge-

macht hätten. Um den Waagekasten zu drehen, dienen die Schrauben D, die zu beiden Seiten der Nase N angebracht sind.

Das Gerüst des Waagekastens besteht aus vierkantigen, hohlen Messingstäben. Von diesen sind T_1, T_2, T_3, T_4 auf Zapfen der Bodenplatte B verlöthet und durch Querstäbe H verbunden, von denen nur der vordere sichtbar ist. Auf jedem der letzteren sind zwei kurze Stäbe t_1 und t_2 angebracht, die im Verein mit den Stäben T_1, T_2 und T_3, T_4 an jeder Seite des Kastens die unten näher zu beschreibende Befestigungsvorrichtung für die Bänder tragen. Der Kasten ist durch Messingplatten und, wo nöthig, durch Glas-Fenster und -Thüren verschlossen. Letztere sind in der Figur der freieren Durchsicht halber entfernt.

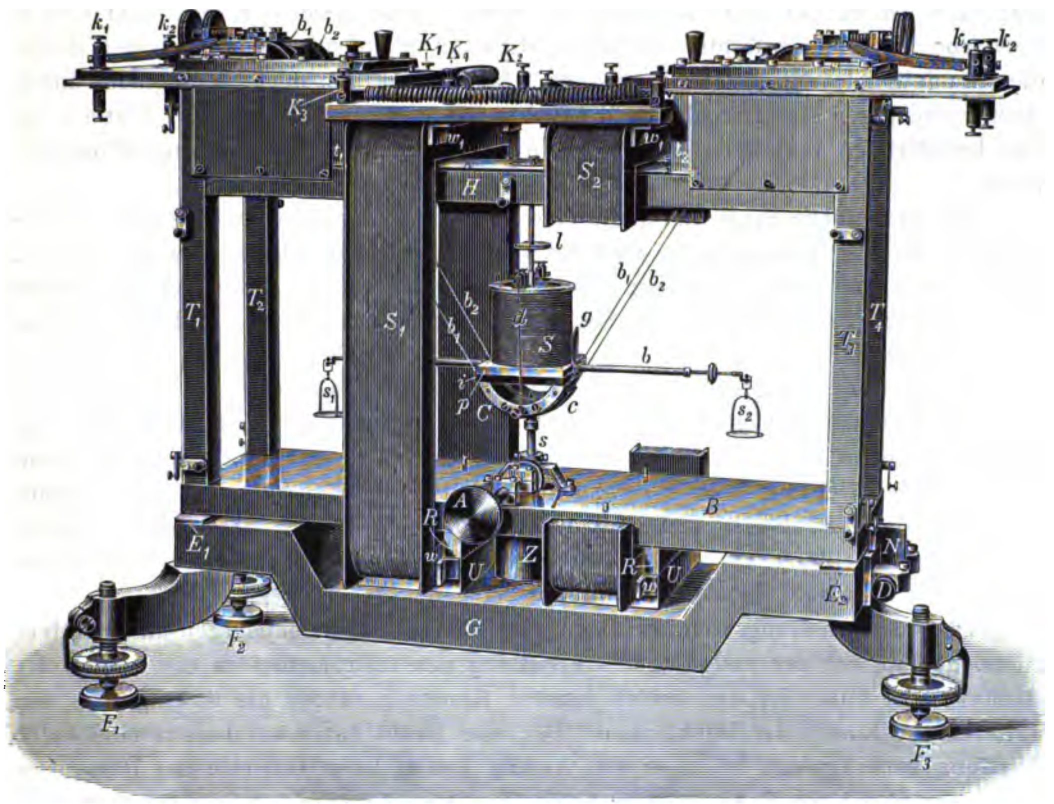


Fig. 5.

Zur Befestigung der äusseren, 8 *cm* von einander entfernten Spulen S_1 und S_2 besitzt der Boden B des Waagekastens an seiner Unterseite zwei Paar Rippen, von denen in der Figur nur die rechten R zu sehen sind. Die Messinghülsen der Spulen sind durch kleine Winkel w an den U-förmigen Messingstücken U befestigt. Vor Anbringung der Bodenplatte B auf der Grundplatte G werden diese U-Stücke mit den Spulen von unten über je ein Rippenpaar gelegt und durch Schrauben befestigt. Zwischen den Spulen und der Grundplatte G bleibt dabei der nöthige Spielraum, um eine Drehung des Waagekastens gegen die Grundplatte zu ermöglichen. Oben an den Spulen sind mittels der Winkel w_1 Hartgummileisten angebracht, die für jede Spule vier Klemmen K_1, K_2, K_3, K_4 tragen.

Der Rahmen jeder der beiden festen Spulen aus 1 *mm* starkem Messingblech ist 25 *cm* hoch, 17 *cm* breit und 5 *cm* tief und hat 2,5 *cm* hohe Flansche. Der Wicklungsraum ist mit Taffet ausgekleidet. Jede Spule besteht aus 225 Doppelwindungen eines

doppelt mit weisser Seide umsponnenen, 1 *mm* dicken Kupferdrahtes in 15 Lagen. Die beiden Wicklungen jeder Spule und diese selbst sind hintereinandergeschaltet. Ihr Gesammtwiderstand ist 14,3 *Ohm*. Die Spulen sind mit Schellacklösung getränkt. Der Isolationswiderstand jeder Wicklung gegen die andere und gegen den Rahmen betrug nach dem Trocknen des Schellacks mehr als 10^8 *Ohm*.

Das bewegliche System besteht ausschliesslich aus Aluminium und umfasst das Zylinderringsegment C von 6 *cm* Durchmesser, den darüberliegenden Waagebalken b und die auf diesem stehende Spule S. Es wiegt im Ganzen 260 *g* und ist an zwei Silberbändern b_1 und b_2 von 0,005 *mm* Dicke und 3 *mm* Breite aufgehängt, die unter ihm herlaufen und mit ihren Enden oben im Waagekasten befestigt sind. Das Ringsegment C ist in der Mitte senkrecht zu seiner Achse durchschnitten. Die beiden 2 *mm* von einander entfernten Hälften werden durch isolirte Querstangen und durch die Aluminiumplatte p zusammengehalten. Letztere ist von dem Ringsegment durch einen viereckigen Hartgummirahmen i isolirt. In die obere Fläche der Platte p ist eine kreisförmige Vertiefung eingedreht, in die die Spule S mit zwei Stellstiften einpasst.

Als bewegliche Spule kann die eine oder die andere von zwei Spulen mit annähernd gleichen Abmessungen, aber mit verschiedener Bewicklung gewählt werden. Den Rahmen einer jeden bildet ein nahezu 5 *cm* langes Aluminiumrohr von 4 *cm* lichter Weite und von 2,5 *mm* Wandstärke mit 2 *mm* dicken und 6,5 *mm* hohen Flanschen von gleichem Material.

Die Spulen sind gleichzeitig mit zwei doppelt mit weisser Seide umsponnenen Aluminiumdrähten bewickelt. Dies Metall wurde gewählt, da für dasselbe das Verhältniss zwischen Leitungsvermögen und spezifischem Gewicht günstiger ist als beim Kupfer. Die Wicklung wurde direkt auf den Rahmen gebracht und mit höchster Sorgfalt ausgeführt. Sie ist nicht mit Schellacklösung getränkt. Der Isolationswiderstand jeder Wicklung gegen die andere und gegen den Rahmen war bei beiden Spulen von derselben Grössenordnung wie bei den festen Spulen.

Die vier Zuführungsklemmen liegen auf demselben Spulenflansche und auf einer Geraden, die bei der endgültigen Aufstellung des Instrumentes in die Fläche des Bandvierecks fällt. Zu den beiden inneren Klemmen führen die Anfänge, zu den äusseren die Enden der Wicklungen. Der eine Draht hat somit bereits eine halbe Windung zurückgelegt, wenn er den Anfang des anderen erreicht; der letztere ist dementsprechend am Ende um eine halbe Windung weiter geführt als der erstere.

Die folgende Tabelle enthält die näheren Angaben über die beiden beweglichen Spulen.

Spule	Drahtdicke (ohne Umspinnung) in Millimeter	Anzahl der		Innerer Durchmesser der untersten Lage in Zentimeter	Aeusserer Durchmesser der obersten Lage in Zentimeter	Abstand der Flanschen in Zentimeter	Widerstand beider Wicklungen in Ohm
		Lagen	Windungen				
I	0,6	8	$8 \times 35 \times 2 = 560$	4,47	5,52	5,03	8,97
II	0,7	6	$6 \times 31 \times 2 = 372$	4,47	5,32	4,96	4,72

Das eine Ende der Spulenwicklung ist durch den Draht d mit der vorderen Hälfte des Ringsegmentes C verbunden, das andere Ende in gleicher Weise mit der hinteren Hälfte. Die beiden Hälften stehen ihrerseits wieder durch die unter ihnen herlaufenden Silberbänder b_1 und b_2 mit den beiden Klemmenpaaren k_1 und k_2 auf dem Deckel des Waagekastens in Verbindung. Die Klemmen k_1 sind, ebenso wie

die Klemmen k_2, unter einander verbunden, sodass der bei k_1 eingeführte und bei k_2 abgeführte Strom sich auf die rechte und linke Hälfte jedes der Bänder gleichmässig vertheilt. Von der Befestigung ihrer Enden soll weiter unten die Rede sein.

Der Waagebalken *b* bildet ein Stück mit der Platte *p* und hat kreisförmigen, nach den Enden zu abnehmenden Querschnitt. An die Enden sind zwei gekröpfte Messingtheilchen gelöthet, die von unten her durch zwei Messingschräubchen mit Platin-Iridium-Spitzen durchbohrt werden. Auf diesen hängen in Achatpfannen die Aluminiumschälchen s_1 und s_2. Ausser zwei kleinen Laufgewichten auf dem Waagebalken ist noch das Laufgewicht *l* zur Regulirung der Empfindlichkeit vorgesehen und läuft auf einer Aluminiumstange, die in der Platte *p* befestigt ist. Zur Ablesung der Einstellung der Waage dient der Spiegel *g*.

Die Arretirung des beweglichen Systems bewerkstelligt ein Zahngetriebe, das bei Drehung der Schraube *A* das gebogene Messingblech *c* gegen das Zylindersegment *C* anhebt. Der Stift *s* durchsetzt das Messingblech *c* und ragt nach dem Arretiren durch eine Erweiterung des Schlitzes zwischen den beiden Hälften des Zylindersegmentes *C*, sodass sich dieses im arretirten Zustand nicht seitlich verschieben kann.

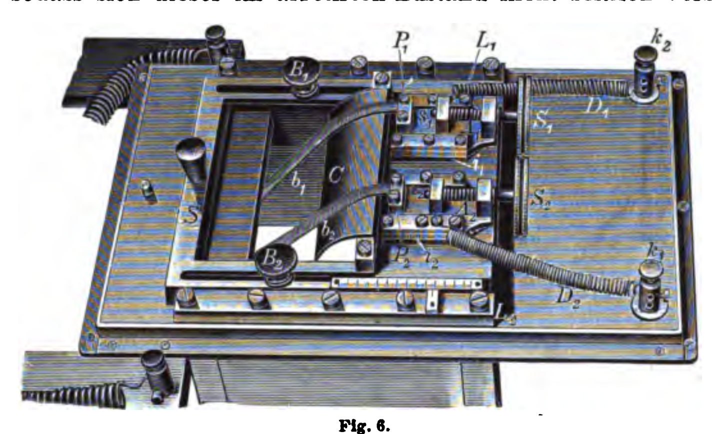


Fig. 6.

Die Aufhängungsbänder des beweglichen Systems sind an dem Zylindersegment *C* durch darüber geschraubte, kleine Aluminiumplättchen befestigt. Ihre Enden sind unter einem Winkel von etwa 55° zum Deckel des Waagekastens geführt und hier in Klemmen gefasst, die sich jede für sich und beide gemeinsam mit ihrer Unterlage in der Längsrichtung des Waagekastens verschieben lassen.

Die näheren Einzelheiten dieser Befestigung zeigt Fig. 6. Auf je zweien der Eckpfeiler des Waagekastens und auf je zwei benachbarten der kurzen Pfeiler *t* (Fig. 5) ruht an jedem Ende des Kastens ein viereckiger Messingrahmen. Auf seinen in die Längsrichtung des Kastens fallenden Seiten sind zwei Leisten L_1 und L_2 verschraubt, die dem zur Hälfte durchbrochenen Schlitten *S* die Führung geben. Zu seiner Befestigung dienen die Schrauben B_1 und B_2, zur Ablesung seiner Einstellung der vorn sichtbare Maassstab und Index. Auf diesem Schlitten sind zwei Messingplatten A_1 und A_2 angebracht und durch Hartgummistücke i_1 und i_2 von ihm isolirt. Auf jeder von diesen läuft zwischen aufgeschraubten Leisten ein kleiner Schlitten s_1 bezw. s_2 und ist durch die Schrauben S_1 und S_2 verstellbar, die in Ansätzen der Platten A_1 und A_2 gelagert sind. An diesen kleinen Schlitten sind mittels der darüber geschraubten Plättchen P_1 und P_2 die Bänder b_1 und b_2 befestigt. Sie treten durch die Durchbrechung des grossen Schlittens *S* in das Innere des Waagekastens ein und sind, um beim Austritt aus den Klemmen scharfe Knickungen zu vermeiden, über ein Viertel-

theil eines Glasrohres C von etwa 6 *cm* Durchmesser geführt, dessen obere Kante genau in die Ebene der Schlitten s_1 und s_2 fällt.

Unterhalb der Leisten L_1 und L_2 ist an dem darunterliegenden Rahmen ein zweiter Rahmen aus dünnem Messingblech befestigt, auf den ein in der Fig. fehlender Holzdeckel zum Abschliessen des Waagekastens passt. Der Raum zwischen den beiden Rahmen ist mit Holz ausgekleidet, auf dem die Klemmen k_1 und k_2 befestigt sind. Von ihnen führen Drahtspiralen D_1 und D_2 zu den Klemmen der Aufhängebänder.

Die Aufhängung des beweglichen Systems geschieht in folgender Weise. Zunächst befestigt man die Mitten der Bänder auf dem Zylindersegment und stellt dieses auf die Arretirungsvorrichtung. Dann führt man die Enden der Bänder durch die Befestigungsklemmen, zieht jedes soweit an, dass es gespannt erscheint und schliesst die Klemmen.

Beim Lösen der Arretirung muss sich das bewegliche System ganz allmählich abheben und, sowie die beiden Zylindersegmente C und c (Fig. 5) einander nicht mehr berühren, unbehindert durch den Fortsatz des Stiftes s frei schwingen. Ist dies nicht der Fall, so hat man je nach Bedarf die Schlitten S, s_1 und s_2 (Fig. 6) an beiden Enden des Waagekastens zu verstellen. Zur Verschiebung des beweglichen Systems in der Längsrichtung des Kastens verstellt man beide Schlitten S in gleichem Sinne um den gleichen Betrag. Durch Verschieben derselben in einander entgegengesetztem Sinne lässt sich die Neigung der Bänder ändern. Verschiebungen des beweglichen Systems in der Querrichtung des Kastens und Neigungen der Achse des Zylinders gegen den Horizont werden durch Nachlassen oder Anziehen beider Enden eines Bandes um den gleichen Betrag ausgeführt. Zur Drehung der Achse um die Vertikale hat man ein Ende des einen Bandes anzuziehen und das benachbarte des anderen um den gleichen Betrag nachzulassen. Neigungen der Spulenachse gegen die Vertikale in der Längsrichtung des Kastens lassen sich am einfachsten durch Verstellen der Fussschraube F_3 ausführen.

Anwendung des Instrumentes.

Das Instrument ist in der Reichsanstalt zur absoluten Bestimmung eines Stromes benutzt, der durch die Spannung des Clark-Elements festgelegt ist. Die dabei angewandten Messmethoden sollen hier nur in grossen Zügen vorgeführt werden, wegen näherer Einzelheiten ist meine oben erwähnte Abhandlung einzusehen. Die Aufgabe zerfällt in zwei Theile, in die Bestimmung der elektrodynamischen Konstante des Apparates und in die eigentliche Stromwägung.

A. Die Bestimmung der elektrodynamischen Konstante.

Wir verstehen unter dieser Konstante die Kraftwirkung, welche beide Spulensysteme auf einander ausüben, wenn sie ein Strom von der Einheit der Stärke durchfliesst. Um bei der Stromwägung mit bequem messbaren Kräften arbeiten zu können, war es nöthig, die beiden Spulensysteme einander nahe zu bringen und mit vielen Windungen zu versehen. Die Kraftwirkung lässt sich unter diesen Umständen mit der nöthigen Schärfe nicht direkt durch Rechnung bestimmen. Sie wird deshalb durch Vergleichung mit der Wirkung des Stromvierecks auf die in seiner Mitte befindliche bewegliche Spule gefunden, die einer genauen Berechnung zugänglich, für eine direkte Bestimmung durch Wägung jedoch zu schwach ist.

Eine allgemeine Lösung dieses Problems hat Herr W. Wien[1]) gegeben, nach

[1]) W. Wien, *Wied. Ann.* **59.** *S. 523. 1896.*

dessen Formeln die Rechnung mit Hülfe des Herrn Diesselhorst geführt ist. Letzterer[1]) hat inzwischen neue Formeln für die Kraftwirkung des Vierecks abgeleitet, die bequemer zu handhaben sind und dasselbe Resultat lieferten. Zur Berechnung der Kraftwirkung hat man die Seitenlängen des Vierecks und das magnetische Moment der beweglichen Spule genau zu kennen, während die Bandbreite des Vierecks und die Dimensionen der beweglichen Spule nur angenähert bekannt zu sein brauchen.

Die Seitenlängen des Vierecks sind durch Messungen der Bandabstände an je drei Punkten der beiden Kanten des Bandes bestimmt. Die Längen betragen etwa 56 und 61 *cm* und zeigten natürlich für die verschiedenen Punkte kleine Abweichungen von einander, die zum grössten Theil davon herrühren, dass die Bänder nicht genau parallel sind, und die sich leicht auf $^1/_{10}$ *mm* einschränken lassen. Durch Einführung der Mittelwerthe in die Rechnung erhält man dann die Kraftwirkung sicher auf $^1/_{10000}$ richtig.

Die Momente der beiden Spulen, von denen die eine oder die andere als bewegliche benutzt werden kann, sind nach der Methode von F. Kohlrausch[2]) ermittelt, wobei an Stelle der Tangentenbussole das Stromviereck benutzt wurde.

Die Vergleichung der Kraftwirkung der festen Spulen mit derjenigen des Bandvierecks auf die bewegliche Spule findet in der Aufstellung des Dynamometers statt, in der auch die Stromwägung vorgenommen wird. Das Bandviereck und das Dynamometer werden in solche Lage zu einander gebracht, dass sich die bewegliche Spule genau in der Mitte des ersteren befindet. Hierzu dienen die Stangen S_1 und S_2 in Fig. 1, deren Spitzen zuvor mit Hülfe des Kathetometers justirt sind und deren Abstand von einander nur wenig grösser als der Durchmesser der beweglichen Spule ist. Mit Hülfe der Feinverschiebungen am Stativ des Bandvierecks lassen sich diese Spitzen der Spulenmitte genau gegenüber bringen. Zuvor ist dafür Sorge zu tragen, dass die Fläche des Bandvierecks und die Drehungsachse des Balkens der Stromwaage in den magnetischen Meridian fallen und dass die Achse der beweglichen Spule vertikal steht.

Die Vergleichung der Kraftwirkungen wird als Nullmethode ausgeführt; sie erfordert grosse Sorgfalt, da es sich um Drehmomente handelt, die durch 15 *mg* auf einer der Waageschalen kompensirt waren. Ein Strom wird zwischen dem Bandviereck und den festen Spulen so getheilt, dass die einander entgegenwirkenden Theilströme die von einem besonderen Strome durchflossene bewegliche Spule nicht ablenken. Dann verhalten sich die Kraftwirkungen von dem Viereck und den festen Spulen umgekehrt wie die sie durchfliessenden Ströme. Hierzu dient die durch Fig. 7 abgebildete Versuchsanordnung.

Der durch den Kommutator C_1 umkehrbare Strom einer Akkumulatorenbatterie B von 32 *Volt* theilt sich in einem Verzweigungswiderstand, der die genau bekannten Widerstände W_1 und W_2 von 0,1 bezw. 190 *Ohm* enthält, in zwei Zweige. Der eine (1) durchfliesst das Stromviereck und den Ballastwiderstand W_3, der andere (2) die festen Spulen und den Rheostaten W_4. Die Theilströme werden mit Hülfe von W_3 und W_4 so regulirt, dass sie keine Wirkung auf die aus einer Zweigleitung (3) gespeiste bewegliche Spule ausüben, der der Widerstand W_5 und der Kommutator C_2 vorgeschaltet ist.

Sind dann die Widerstände W_1 und W_2 so bemessen, dass sie sich umgekehrt wie die sie durchfliessenden Ströme verhalten, so bleibt das an ihren Enden an-

---

[1]) Diesselhorst, Inaug.-Diss., Berlin. 1896.

[2]) F. Kohlrausch, *Götting. Nachr. 1882. S. 654; Wied. Ann. 18. S. 513. 1883.*

liegende, durch den Schlüssel *S* einzuschaltende Galvanometer *G* stromlos, und das gesuchte Verhältniss der Wirkungen ist gleich dem der Widerstände. Diese letzteren haben in Wirklichkeit nur angenähert die erforderlichen Werthe. Das Verhältniss der elektrodynamischen Wirkungen ergiebt sich dann dadurch, dass man durch Aenderung von W_4 einmal die festen Spulen und zum anderen das Stromviereck etwas überwiegen lässt und in jedem Falle die Ablenkung der beweglichen Spule unter Umlegen von C_1, sowie den Werth des Nebenschlusses W_n bestimmt, der an W_2 zu legen ist, um das Galvanometer *G* stromlos zu machen. Man kennt damit für zwei Ablenkungen der Spule die entsprechenden Stromverhältnisse und kann daraus das gesuchte Verhältniss interpoliren, für das die Spule in Ruhe bleibt.

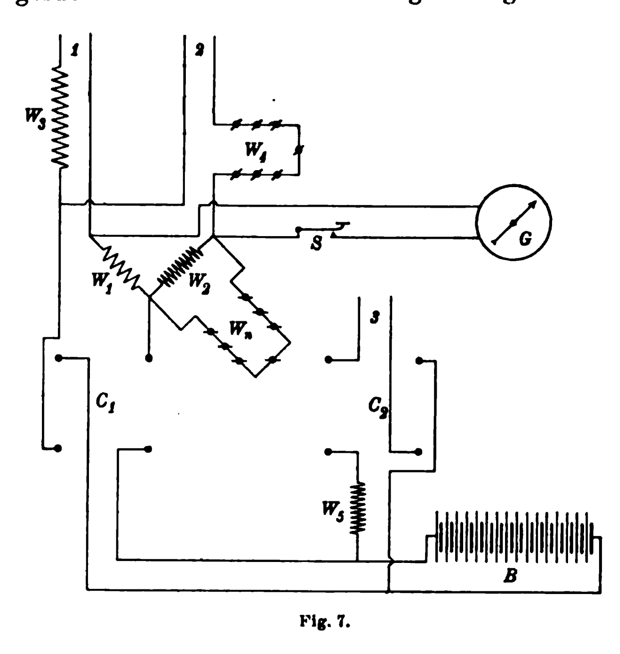


Fig. 7.

Um messbare Kraftwirkungen zu erzielen, hat man die Ströme im Kreise des Vierecks und der beweglichen Spule so kräftig zu wählen, wie mit Rücksicht auf die Erwärmung beider zulässig ist. Das Bandviereck erträgt Ströme bis 40 *Ampère*, die grosse Konstanz besitzen müssen. Die Widerstände W_1 und W_2 sind dementsprechend dimensionirt. Sie sind von O. Wolff, Berlin, aus Manganinblech hergestellt und befinden sich in Petroleumbädern, die durch Wasser gekühlt und durch Turbinen gerührt werden. In Folge der Erwärmung der Kupferbänder ändert sich ihre Spannung und damit ihre gegenseitige Lage, die jedoch durch Anziehen der Schraube *Z* (Fig. 3) leicht wiederhergestellt werden kann. Um die Bänder vor unregelmässiger Abkühlung durch Luftzug zu schützen, die Widerstands- und Stromschwankungen im Kreise des Bandvierecks verursacht, ist bei diesen Versuchen über Bandviereck und Dynamometer ein Pappkasten mit den nöthigen Oeffnungen zu decken.

Die bewegliche Spule I erträgt etwa $^1/_4$ *Ampère*, wenn die Direktionskraft des beweglichen Systems so weit geschwächt ist, dass die Steifigkeit der Aufhängebänder die Einstellung noch nicht unsicher macht. Bei stärkeren Strömen geräth sie in Folge der von ihr aufsteigenden Luftströme in Schwingungen, die eine genaue Ablesung der Ruhelage ausschliessen. Die Erwärmung der dünnen Stromzuführungsbänder, die nur die Hälfte des Spulenstromes führen, ist zu gering, um störend zu wirken. Um jederzeit einen stationären Zustand zu haben, ist es rathsam, die bewegliche Spule dauernd unter Strom zu lassen. Die Gewichtsabnahme, die die Spule in Folge der Stromwärme erfährt, ist bei der gewählten Anordnung ohne Einfluss auf die Einstellung der Waage. Hierin liegt ein wesentlicher Vorzug des Helmholtz'schen Elektrodynamometers vor anderen absoluten Strommessern.

Die Hauptschwierigkeit bei diesen Versuchen bildet eine genügend erschütterungsfreie und vor Temperatureinflüssen geschützte Aufstellung des Apparates, der sehr empfindlich gegen Neigungen in seiner Längsrichtung ist und es in dieser Hinsicht bei geeigneter Ausführung mit dem Horizontalpendel aufnehmen kann. Bei den

hier gewählten Verhältnissen bewirkte jede der zu vergleichenden Wirkungen eine Drehung der beweglichen Spule um 2,5°, bei Neigung des Instrumentes um 1″ drehte sie sich um 3,4′. Eine ungleiche Erwärmung der beiden Schmalseiten des Instrumentes wirkt wegen der damit verbundenen Niveauänderung der Aufhängepunkte der Bänder ähnlich und ist daher gleichfalls auszuschliessen. Durch Aufstellung des Instrumentes im Kellergeschoss der Anstalt auf dem Fundamente des Gebäudes und durch Ueberdeckung des ganzen Apparates mit dem Pappkasten gelang es, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden.

Der geringe Einfluss des Erdmagnetismus auf das Resultat, der von der ungenauen Orientirung des Instrumentes zum magnetischen Meridian herrühren könnte, wird mit Hülfe des Kommutators C_1 eliminirt. Die Stellung des Kommutators C_2 bleibt im Laufe einer Messungsreihe, die zur Bestimmung des Verhältnisses dient, unverändert, da in seiner einen Lage die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus verstärkend, in der anderen schwächend auf die Direktionskraft des beweglichen Systems einwirkt.

Der Einfluss der Zuleitungen zum Viereck wird besonders bestimmt, indem man dasselbe durch Oeffnen des Schlitzes an der Spannvorrichtung S (Fig. 1) unterbricht und die Zuleitung vor Eintritt in die Klemme Z kurz schliesst. Es genügt, diese Grösse, die nur wenige Zehntausendstel der Gesammtwirkung ausmacht, für einen in der Mitte des Vierecks befindlichen Magneten zu ermitteln und den gefundenen Betrag als Wirkung der Zuleitung auf die bewegliche Spule in Rechnung zu setzen.

Die Schwingungsdauer des beweglichen Systems betrug bei diesen Messungen etwa 5 Sekunden; die Vortheile einer weiteren Steigerung der Empfindlichkeit wären durch die grössere Unsicherheit der Einstellung illusorisch geworden. Unter diesen Umständen entsprach einer Aenderung der Kraftwirkung um 1% ein Doppelausschlag von etwa 3 *mm* bei 3 *m* Skalenabstand. Die Einstellung liess sich durch Schwingungsbeobachtungen auf $^1/_{20}$ *mm* bestimmen.

B. Die Stromwägung.

Die Ausführung einer solchen Wägung bietet keine Schwierigkeit, da man, ohne durch Stromwärme behindert zu sein, verhältnissmässig kräftige Wirkungen erzielen kann. Die Direktionskraft des beweglichen Systems muss dabei verstärkt werden, da jetzt die Waage häufiger zu arretiren ist. Die Stromstärke in der beweglichen Spule kann dementsprechend erhöht werden; für Spule I ist ein Strom von 0,4 *Ampère*, für Spule II ein solcher von 0,6 *Ampère* zulässig.

Durchfliesst ein konstanter Strom i die beiden Spulensysteme des Dynamometers in Hintereinanderschaltung und hält dem Gewichte p am Waagenarm l das Gleichgewicht, so ist

$$i^2 h_s f = p\,l\,g, \quad \text{also} \quad i = \sqrt{\frac{p\,l\,g}{h_s f}}\,.$$

Hier bedeutet h_s die mittlere Feldstärke, welche die von der Stromeinheit durchflossenen festen Spulen an den Enden der beweglichen Spule erzeugen, f ist die Windungsfläche der letzteren oder ihr Moment für die Einheit der Stromstärke, und g bezeichnet die Schwerebeschleunigung. Die Konstante h_s für die festen Spulen ist aus der entsprechenden rechnerisch gefundenen Konstante für das Bandviereck abzuleiten, deren Verhältniss zu der ersteren nach Obigem bekannt ist. Die Länge l des Waagearms ist der halbe Abstand der beiden Spitzen, der leicht mit Hülfe des Kathetometers zu bestimmen ist. Die Ungleichheit der Waagebalken wird durch Doppelwägung eliminirt, wobei man den Strom in den festen Spulen umkehrt.

Für die hier vorgenommene absolute Messung wurde der Strom gewählt, dessen Spannung an den Enden eines Widerstandes von etwa 4 *Ohm* ein H-förmiges Clark-Element[1]) bei 0^0 kompensirt. Diesem Strom von etwa 0,36 *Ampère* hält ein Gewicht von 0,362 *g* auf einer der Waagschalen annähernd die Waage. Fig. 8 stellt die Versuchsanordnung dar. Der Strom einer Akkumulatorenbatterie *B* von 32 *Volt* durchfliesst das Dynamometer, und zwar bei (1) die bewegliche Spule und bei (2) die festen Spulen, und wird mittels des Widerstandes W_2 so regulirt, dass er an den Enden des Widerstandes W_1 und des zugehörigen Nebenschlusses W_n das Clark-Element *Cl* kompensirt. Dies wird mit Hülfe des Galvanometers *G* nachgewiesen. Je nach dem Werthe von W_n ist die zur Kompensation nöthige Stromstärke verschieden und wird in jedem Falle mittels W_2 auf den richtigen Betrag gebracht. Durch Interpolation aus zwei Werthen von W_n wird derjenige bestimmt, für den der zugehörige Kompensationsstrom das Gewicht auf der Waagschale des Elektrodynamometers im Gleichgewicht hält.

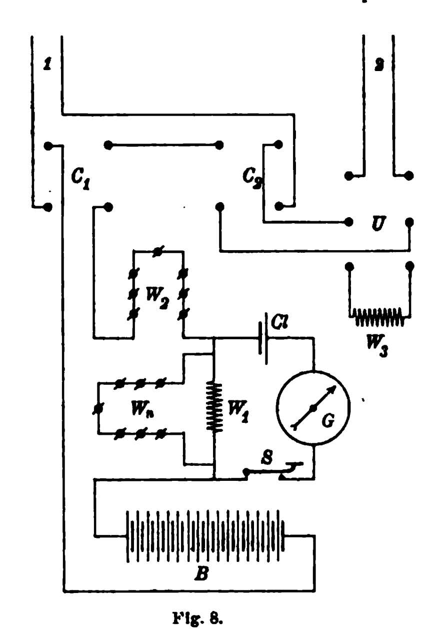


Fig. 8.

Der Kommutator C_1 kehrt den Strom im gesammten Dynamometerkreise um und bleibt im Laufe einer Messungsreihe unverändert. Mittels des Kommutators C_2 wird zur Vornahme der Doppelwägungen die Stromrichtung in den festen Spulen vertauscht. Der Umschalter *U* dient dazu, an Stelle der festen Spulen einen Widerstand W_3 von gleichem Betrage einzuschalten, damit der Stromkreis der beweglichen Spule bei Bestimmung der Ruhelage der Waage nicht unterbrochen zu werden braucht.

Die Waage hatte bei diesen Messungen eine Schwingungsdauer von 2 bis 3 Sekunden und eine Empfindlichkeit von etwa 5 *mm* für 1 *mg* bei 3 *m* Skalenabstand.

Die Messungen ergeben die elektromotorische Kraft des Clark-Elementes bei 0^0 nach der Formel

$$e = W_0 \sqrt{\frac{p\, l\, g}{n\, h_v f}},$$

wo W_0 den Werth der beiden parallel geschalteten Widerstände W_1 und W_n bezeichnet, wenn der sie durchfliessende Strom das Gewicht *p* und die elektromotorische Kraft *e* kompensirt. Statt h_s in der Formel auf Seite 107 ist $n\, h_v$ eingeführt, d. h. die Konstante des Vierecks multiplizirt mit ihrem Verhältniss zu derjenigen der festen Spulen. In diese Formel sind auf Grund der angestellten Messungen folgende Zahlengrössen einzuführen:

$W_0 = 3{,}9853$ *internat. Ohm*	$n = 1812{,}31$
$p = 0{,}36197$ *g*	$H = 0{,}193159$ [$cm^2\, g\, sek^{-2}$]
$l = 14{,}4228$ *cm*	$f = 11073{,}0$ cm^2.

Setzt man $g = 981{,}25$ *cm* für den Standpunkt des Instrumentes, so wird

$$e = 1{,}4488 \text{ Volt bei } 0^0.$$

Silbervoltametrische Messungen, die an denselben Elementen und unter Benutzung desselben Widerstandes von 4 *Ohm* angestellt wurden, lieferten, wie im dies-

[1]) Ueber die Herstellung s. Kahle, *diese Zeitschr. 13. S. 191. 1893.*

jährigen Thätigkeitsberichte[1]) der Reichsanstalt mitgetheilt ist, unter den dort näher beschriebenen Versuchsbedingungen

$$e = 1{,}4490 \; \textit{Volt} \text{ bei } 0^{\circ}.$$

Hierbei wurde die Annahme gemacht, dass die Einheit der Stromstärke, das *Ampère*, in der Stunde 4,025 *g* Silber niederschlägt.

Man erkennt aus der guten Uebereinstimmung, dass die oben beschriebene absolute Strommessung nahezu denselben Werth für die Einheit der Stromstärke geliefert hat, der bisher angenommen wurde.

Ueber eine besondere Form invariabler Pendel.

Von
Prof. Dr. **J. Wilsing.**

Herr v. Sterneck hat mit dem von ihm konstruirten, unveränderlichen Halbsekundenpendel Bestimmungen der relativen Schwere ausgeführt, welche eine ausgezeichnete Genauigkeit besitzen[2]). Diesen Messungen schlossen sich in den letzten Jahren diejenigen des Königl. Geodätischen Instituts an, welche durch Verfeinerung der Messungsmethode mit Erfolg eine weitere Steigerung der Sicherheit der Ergebnisse anstrebten[3]). Die Fehler der auf den einzelnen Stationen beobachteten Schwingungszeiten setzen sich, neben den unvermeidlichen Fehlern des angenommenen Uhrgangs, wesentlich aus langsam fortschreitenden Veränderungen der Pendellänge[4]) und aus Fehlern in der Annahme der jeweiligen Temperatur der Apparate zusammen. Obgleich die Aenderung der Schwingungsdauer während des ganzen Zeitraums der Messungen durchschnittlich nur einige Einheiten der 6. Dezimale betrug und bei den in neuerer Zeit angefertigten Apparaten geringer zu sein scheint, bringt dieselbe doch insofern eine gewisse Unsicherheit in die Bestimmungen, als die Aenderungen der verschiedenen Pendel gleiches Vorzeichen besitzen, sodass ihr Betrag unvermindert in den Mittelwerth aus allen Messungen auf der Station eingeht. Ich vermuthe, dass die Ursache dieser gleichartigen Aenderungen der Pendellänge in thermischen Nachwirkungen zu suchen ist. Herr Thiesen[5]) hat bezüglich derartiger, noch nach Jahren merklicher Nachwirkungen eine bemerkenswerthe Hypothese entwickelt, welche diese lange Dauer erklärt und die von ihm vertretene Ansicht anschaulich macht, dass im Allgemeinen das Volumen eines Körpers nicht allein von seiner augenblicklichen Temperatur, sondern auch von dem Wege abhängt, auf welchem der Körper auf die Endtemperatur gebracht wird. Aus Messungen der Länge eines Zinkstabes bei 0° C. ergab sich, dass im Allgemeinen eine allmählich fortschreitende Verkürzung des frisch gegossenen Stabes stattfand, während eine vorübergehende Erwärmung auf 100° C. meist wieder eine merkliche Verlängerung verursachte (*S. 131 a. a. O.*). Bei gleichzeitig angefertigten und bei ihrer Herstellung hohen Temperaturen

---

[1]) Der Bericht wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden. — Die Red.

[2]) Der neue Pendelapparat des K. K. militär-geographischen Instituts. *Diese Zeitschr. 8. S. 157. 1888.*

[3]) Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf 22 Stationen von der Ostsee bei Kolberg bis zur Schneekoppe. Berlin, P. Stankiewicz. 1896.

[4]) Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen. Ausgeführt durch die K. u. K. Kriegsmarine in den Jahren 1892—1894. *S. 431* und *Veröffentlichungen des Königl. Geodätischen Instituts a. a. O. S. 168 u. 286.*

[5]) *Wissenschaftl. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt 2. S. 75. 1895.*

ausgesetzten Pendeln würde man hiernach eine langsame Verkürzung der Schwingungsdauer zu erwarten haben, wie sich thatsächlich aus den Beobachtungen ergiebt. Der Vorgang ist ganz analog dem Ansteigen des Nullpunkts bei *neuen* Thermometern, welches durch die allmähliche Zusammenziehung der Glaskugel verursacht wird und als eine thermische Nachwirkung zu betrachten ist, welche nach den Untersuchungen der Hrn. Wiebe, Schott und Weber am stärksten bei gleichzeitig Kali und Natron enthaltenden Gläsern, am geringsten bei reinen Kalk-Kali- und Kalk-Natron-Gläsern auftritt.

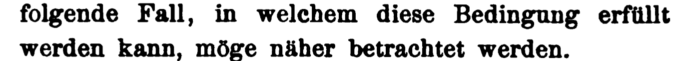
Die grosse Genauigkeit, welche die Beobachtungen der Schwingungsdauer selbst besitzen, rechtfertigt aber den Versuch, den Betrag jener Unsicherheiten noch weiter herabzudrücken.

Von diesem Standpunkt aus habe ich mir die Frage vorgelegt, ob nicht andere Formen des Pendels, als die von Hrn. v. Sterneck gewählte — schwere Linse an verhältnissmässig dünner Stange — Vortheile besitzen; denn die Unveränderlichkeit dieses Pendels wird durch seine Zusammensetzung aus verschiedenen Theilen und mit Rücksicht auf die thermischen Nachwirkungen durch die bei der Herstellung erforderliche Behandlung im Feuer gefährdet. Eine Beseitigung dieser Uebelstände lässt sich erreichen, wenn man die Annäherung an die Form des einfachen Pendels zu Gunsten grösserer Symmetrie der Massenvertheilung um die Schwingungsachse aufgiebt. Auch lässt sich in diesem Falle noch einer Bedingung genügen, von der die Unveränderlichkeit des Pendels wesentlich abhängt.

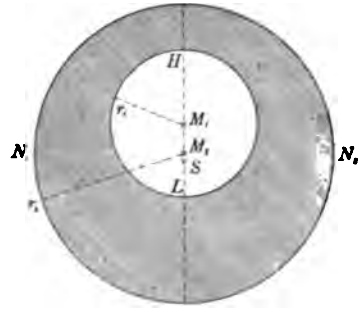
Wenn l die Länge des einfachen Pendels von gleicher Schwingungsdauer, MK^2 das Trägheitsmoment um eine zur Schneide parallele Achse durch den Schwerpunkt und s die Entfernung der letzteren von der Schneide ist, so folgt aus $l = \frac{M(K^2+s^2)}{Ms}$

$$\frac{dl}{l} = \frac{dK^2}{K^2+s^2} + \left(\frac{2s}{K^2+s^2} - \frac{1}{s}\right) ds = \frac{dK^2}{K^2+s^2} + \left(\frac{2}{l} - \frac{1}{s}\right) ds.$$

Soll die Pendellänge durch Veränderungen der Entfernung von Schwerpunkt und Schneide nicht geändert werden, so muss also $s = l/2$, folglich $K^2 = s^2$ sein. Der



folgende Fall, in welchem diese Bedingung erfüllt werden kann, möge näher betrachtet werden.



Das Pendel bestehe aus einer kreisförmigen Achatscheibe vom Radius r_2 und der Dicke D. Parallel der Achse ist die Scheibe durchbohrt, und zwar sei r_1 der Radius der kreisförmigen Oeffnung und d der Abstand ihrer Mitte M_1 von der Mitte der ganzen Scheibe M_2 (vgl. die Figur). Durch diese Oeffnung wird die Schneide gesteckt, welche nach Art der amerikanischen invariabeln Pendel[1]) fest mit der Konsole verbunden ist. Das Pendel berührt die Schneide in der Linie H, wo die durch die Achsen M_1, M_2 gelegte Ebene den inneren Kreis schneidet. Dann ist, wenn noch mit μ und M Dichtigkeit und Masse des Pendels bezeichnet werden, das Trägheitsmoment um die Schwingungsachse

$$M(K^2+s^2) = {}^1/_2\,\mu\,\pi\,(r_2^4 - r_1^4) + \mu\,\pi\,r_2^2\,[(d+r_1)^2 - r_2^2]$$

und die Entfernung des Schwerpunktes S von H

$$s = r_1 + \frac{r_2^2\,d}{r_2^2 - r_1^2}.$$

[1]) T. C. Mendenhall, *On the Use of Planes and Knife-edges in Pendulums for Gravity Measurements. Amer. Journ. of Science* (3) **45.** *S. 144. 1893.*

In Verbindung mit der Bedingungsgleichung: $K^2 = s^2 = \frac{l^2}{4}$ liefern diese Ausdrücke die Relationen

$$(r_2^2 - r_1^2)\left[\frac{3}{2}(r_1^2 + r_2^2) - \frac{l^2}{2}\right] + r_2^2\left[(d + r_1)^2 - r_2^2\right] = 0,$$

$$d = \left(\frac{l}{2} - r_1\right)\frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2},$$

welche für eine bestimmte Pendellänge l und den Radius r_1 die Werthe r_2 und d geben. Durch Elimination von d aus der ersten Gleichung erhält man

$$(r_2^2 - r_1^2)\left[r_2^4 + r_2^2\left(r_1^2 - \frac{l^2}{2}\right) - 2r_1^2\left(r_1 - \frac{l}{2}\right)^2\right] = 0.$$

Die Wurzel $r_2 = r_1$ liefert keine praktisch brauchbare Lösung, während der zweite Faktor für r_2 giebt

$$r_2^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{l^2}{2} - r_1^2\right) + \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{l^2}{2} - r_1^2\right)^2 + 2r_1^2\left(\frac{l}{2} - r_1\right)^2}.$$

Verlangt man z. B., dass das Pendel Viertelsekunden schwingen soll, und wählt $r_1 = 2{,}000$ *cm*, so ergiebt sich mit $l = 6{,}212$ *cm* ($g = 9{,}810$ *m*)

$$r_1 = 2{,}000 \text{ cm} \qquad d = 0{,}828 \text{ cm}$$
$$r_2 = 3{,}989 \text{ cm} \qquad s = 3{,}106 \text{ cm}.$$

Vergrössert man das Pendel im Verhältniss ε, so wird die Länge des entsprechenden einfachen Pendels $6{,}212\,\varepsilon$ *cm*.

Die genaue Erfüllung der Bedingungen $s = l/2$ und $K^2 = s^2$ lässt sich praktisch leicht kontroliren, wenn man die Schwingungsdauer des Pendels auch um die durch L gehende Achse bestimmt und den Durchmesser $2r_1$ misst. Sind nämlich t_1 und t_2 die Schwingungszeiten um die Achsen H und L, s_1 und s_2 die Entfernungen des Schwerpunkts von den Achsen, so hat man:

$$t_1^2 = \frac{\pi^2}{g}\frac{K^2 + s_1^2}{s_1} \qquad K^2 = s_1^2$$
$$t_2^2 = \frac{\pi^2}{g}\frac{K^2 + s_2^2}{s_2} \qquad s_1 + s_2 = 2r_1.$$

Die Elimination von K^2, s_1 und s_2 aus diesen 4 Gleichungen ergiebt eine Bedingung, der t_1 und t_2 genügen müssen. In dem hier betrachteten Falle ist $t_1 =$ 0,250 Sek., $t_2 = 0{,}343$ Sek.

Da kleine Aenderungen von s keinen Einfluss auf die Schwingungsdauer haben, so bleiben auch Verschiebungen der Auflagepunkte unmerklich. Doch wird es in Verbindung mit einer passenden Arretirungsvorrichtung leicht gelingen, den Betrag der seitlichen Verschiebung der Schwingungsachse auf 0,1 *mm* herabzudrücken.

Gegen Veränderungen des Trägheitsmoments MK^2 ist dieses Pendel etwa doppelt so empfindlich, als das gewöhnliche Pendel, dessen Länge von der Entfernung des Schwerpunkts von der Achse wenig verschieden ist. Doch sind die wesentlichsten Deformationen, welche durch die Schwerkraft hervorgebracht werden, bei relativen Bestimmungen ohne Bedeutung, da man nur nöthig hat, das Pendel zwischen den einzelnen Messungen so aufzubewahren, dass seine Symmetrieachse vertikal gerichtet ist, und der Stützpunkt bei H liegt. Wird der Rand der Achatscheibe, deren Dicke $D = 2{,}0$ *cm* zu wählen wäre, bei N_1 und N_2 eben abgeschliffen und polirt, so können die Schwingungen in der gewöhnlichen Weise durch Spiegelablesung beobachtet werden. Sehr bequem würde sich in diesem Falle auch die Vogel'sche Methode zur Bestimmung der Koïnzidenzen mit dem Uhrpendel anwenden lassen[1]).

[1]) Ueber eine Methode der Koïnzidenzbestimmung bei Pendelmessungen. *Carl's Repertorium* **17.** *S. 337.*

Das beschriebene Achatpendel dürfte, rein vom mechanischen Standpunkt betrachtet, hohen Anforderungen bezüglich der Unveränderlichkeit seiner Schwingungsdauer entsprechen. Ferner fällt die hauptsächlichste thermische Störung, welche in der starken Erhitzung des Pendels bei seiner Herstellung besteht, hier fort, und langanhaltende thermische Nachwirkungen sind aus diesem Grunde nicht zu befürchten. Dagegen vermag das Pendel wegen der geringen Wärmeleitungsfähigkeit des Achats trotz seiner verhältnissmässig grossen Oberfläche nur sehr langsam Wärmeschwankungen in der Umgebung zu folgen. Diese Eigenschaft ist aber sehr vortheilhaft, wenn man das Pendel in einem Kasten bei einer bestimmten konstanten Temperatur schwingen lässt, welche man so wählt, dass sie die höchste der bei den Messungen vorkommenden Lufttemperaturen übertrifft. Ist die Amplitude der Temperaturschwankungen im Innern des Kastens während der Zeit der Beobachtung nur gering, so wird das Mittel der am Thermometer abgelesenen Temperaturen um so weniger von der wahren Temperatur des Pendels abweichen, je grösser die thermische Trägheit des letzteren ist. Die Grösse der Abweichungen lässt sich leicht nach der von Herrn Hartmann[1]) entwickelten Methode schätzen.

Vermuthlich wird auch ein beträchtlicher Theil der thermischen Nachwirkungen, welche hier nur von dem Verlauf der Temperaturkurve des Pendels zwischen den einzelnen Messungsreihen abhängen, beseitigt werden, wenn die Temperaturkurve des Pendels unmittelbar vor den Messungen stets in gleicher Richtung, hier also, nach Einbringung des Pendels in den Wärmekasten, in steigendem Sinne läuft.

Als zweites Beispiel möge ein Metallpendel von ähnlicher Form betrachtet werden, bei dem die Schneide am Pendel befestigt ist. Wenn $r_1 - \delta$ der Abstand der Schneidenkante von M_1 ist, so führen die Bedingungsgleichungen für die Unveränderlichkeit, wenn die Masse der Schneide selbst vernachlässigt wird, zu dem Ausdruck

$$r_2^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{l^2}{2} - r_1^2\right) + \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{l^2}{2} - r_1^2\right)^2 + 2r_1^2\left(\frac{l}{2} - r_1 + \delta\right)^2},$$

und

$$d = \left(\frac{l}{2} - r_1 + \delta\right)\frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2}.$$

Soll das Pendel Viertelsekunden schwingen und wählt man $r_1 = 2{,}000$ *cm*, $\delta = 0{,}300$ *cm*, so findet man: $r_2 = 4{,}033$ *cm*, $d = 1{,}060$ *cm*.

Die Erfüllung der Invariabilitätsbedingung macht das Pendel, welches am besten aus einer wenige Millimeter starken vergoldeten Messingplatte besteht, gegen kleine Verschiebungen der Schneide unempfindlich, während es seiner grossen Oberfläche und geringen Masse wegen Temperaturänderungen in seiner Umgebung rasch zu folgen vermag. Dieses Pendel ist jedoch wegen der thermischen Störung bei der Herstellung in der ersten Zeit Nachwirkungen in höherem Maasse unterworfen, als das Achatpendel.

Wie gross die thermischen Nachwirkungen bei Messing sind, ist nicht bekannt. Dagegen sind dieselben für einige Glassorten von Hrn. Thiesen mit grosser Genauigkeit bestimmt worden. Bezeichnet man mit Hauptausdehnung diejenige, welche eintritt, „wenn der Körper sehr schnell von der einen Temperatur auf eine andere gebracht wird", mit normaler Ausdehnung diejenige, welche man nach Ablauf aller thermischen Nachwirkungen beobachtet, so findet Herr Thiesen[2]) für einen Stab aus

[1]) Ueber einen Satz der Thermometrie. *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 14. 1897.*

[2]) *a. o. a. O. S. 172.*

Jenaer Glas 59^{III}, welches derartigen Nachwirkungen am wenigsten ausgesetzt ist, als Unterschied beider Ausdehnungen

$$\alpha = 10^{-6}\left[8{,}1\frac{\tau}{100} - 2{,}4\left(\frac{\tau}{100}\right)^2\right],$$

wenn τ die Temperatur bezeichnet. Mit dem Unterschied der kubischen Ausdehnungen α findet man aber unmittelbar das Maximum λ der Unsicherheit, der die Temperaturverbesserung der Schwingungsdauer unterliegt: $\lambda = \frac{\alpha}{3}\frac{\text{Schwingungsdauer}}{2}$. Betragen die Temperaturänderungen, denen ein aus diesem Glase angefertigtes Pendel während der ganzen Zeit von Beginn bis Schluss der Messungen ausgesetzt ist, 20° C., so erhält man für ein Viertelsekundenpendel $\lambda = 7 \,.\, 10^{-8}$ Sek. Ein derartiges Pendel würde also praktisch keine thermischen Nachwirkungen mehr zeigen, wenn es erst geraume Zeit nach seiner Anfertigung in Gebrauch genommen wird.

Während die grössere Symmetrie der Massenvertheilung um die Schwingungsachse den Schwerpunkt des Pendels der letzteren näher bringt, und damit auch die Wirkung des Mitschwingens von Stativ und Pfeiler auf die Schwingungsdauer vermindert wird, bewirkt der geringere Abstand von Schwerpunkt und Schwingungsachse im Allgemeinen eine Vermehrung des Einflusses, welchen die von der Figur und Beschaffenheit von Schneide und Lager abhängigen Kräfte auf die Schwingungen haben. Die folgenden Betrachtungen berechtigen aber zu der Erwartung, dass die *Veränderungen* dieser Kräfte von Messung zu Messung, welche bei relativen Bestimmungen allein Bedeutung haben, ausserordentlich klein sind. Eine numerische Bestimmung der Wirkung dieser Kräfte, welche bei Beobachtungen mit schnell schwingenden Pendeln von andern Fehlern leicht verdeckt werden, gelang mir mit Hülfe eines besonderen Pendelapparats, dessen ich mich zu einer Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde bedient habe[1]).

Das von mir benutzte, von Repsold angefertigte Pendel bestand aus einem 1 *m* langen vertikalen, zylindrischen Messingrohre von 4 *cm* Durchmesser, welches an seinen Enden Kugeln trug, und drehte sich um eine Achatschneide, die in der Mitte des Rohrs nahe über dem Schwerpunkt des Pendels befestigt war. *A. o. a. O.* (siehe auch *Astr. Nachr.* **130**) habe ich gezeigt, dass die Bessel'sche Formel $l' = l - \frac{l}{s} bq$, in welcher l' und l die wahre und die beobachtete Pendellänge, s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide, b eine Konstante und q eine Funktion des Schwingungswinkels bedeutet, die Beobachtungen mit dem erwähnten Pendel zwischen 1 Min. und 3 Min. Schwingungsdauer gut darstellt. Die Wirkung von q auf die Schwingungsdauer erreicht hier sehr merkliche Beträge, da die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide zuweilen weniger als 0,01 *mm* betrug. Sämmtliche Beobachtungsreihen, zwischen denen das Pendel immer arretirt wurde, liessen sich durch den Ausdruck

$$T_0 = T_\varphi - \frac{1}{2}\frac{g\,T_0^3}{\pi^2 K^2} b q_\varphi,$$

welcher mit der Bessel'schen Gleichung identisch ist, innerhalb der Beobachtungsfehler darstellen. Die Werthe $\frac{1}{2}\frac{g}{\pi^2 K^2} b q_\varphi$ variirten dabei von $24{,}9 \,.\, 10^{-7}$ bis $4{,}4 \,.\, 10^{-7}$, wenn der Schwingungswinkel von 157′ bis 14′ abnahm. Abgesehen von der gewöhnlichen Reduktion auf unendlich kleinen Bogen ist also die Schwingungs-

[1]) *Publikationen d. Astrophys. Observatoriums zu Potsdam* **6.** *Nr.* **22** *u.* **23.**

dauer eines „Sekundenpendels“ von gleichem Gewicht und Trägheitsmoment bei einem Schwingungsbogen von 14′ um $4,4 . 10^{-7}$ Sek. grösser, als bei unendlich kleinem Bogen. Bei Pendeln von gleichem Gewicht, aber verschiedenem Trägheitsmoment ändert sich der Betrag der Reduktion umgekehrt proportional mit K^2. Ausserdem muss aber q_φ mit dem Gewicht des Pendels abnehmen.

Die Möglichkeit einer sicheren numerischen Bestimmung von q_φ aus einer grösseren Zahl von Beobachtungsreihen bei verschiedener Schwingungsdauer beweist nun, dass die Aenderungen, welche q_φ selbst von Messung zu Messung erfährt, im Verhältniss zu q_φ sehr klein sind. Bei einem „Sekundenpendel“ von gleichem Gewicht und Trägheitsmoment werden sie höchstens in der achten Dezimale der Schwingungsdauer bemerkbar werden und, insofern sie den Charakter zufälliger Abweichungen tragen, im Mittel mehrerer Beobachtungsreihen, zwischen denen das Pendel arretirt wird, ganz verschwinden. Für ein Pendel der oben beschriebenen Form, dessen Schwingungsdauer T_1 und Trägheitsmoment $M_1 K_1^2$ sind, würde der Betrag dieser Unsicherheit unter Voraussetzung gleichen Gewichts im Verhältniss $\frac{T_1^3 K^2}{K_1^2}$ zunehmen, wenn MK^2 das Trägheitsmoment meines Pendelapparats bezeichnet. Hiernach würde die Einwirkung der Aenderungen dieser Kräfte auf die Schwingungsdauer des oben behandelten Achatpendels, wenn seine Dicke 2 *cm* ist, nicht grösser werden als bei dem Sekundenpendel. Thatsächlich würden die Ungleichheiten der Schwingungsdauer aber noch erheblich geringer bei dem Viertelsekundenpendel ausfallen, da es mehr als 10-mal leichter ist, als der Pendelapparat.

Nach diesen Erwägungen lässt sich erwarten, dass die durch Annäherung des Schwerpunkts an die Schneide bewirkte Vergrösserung der zufälligen Unsicherheit in der Beobachtung der Schwingungsdauer die Vortheile, welche die symmetrische Vertheilung der Masse bietet, nicht aufwiegt.

Potsdam, Astrophys. Observatorium, März 1897.

Geschütztes Schleuderthermometer.

Von

Prof. Dr. B. Sresnewsky.

Die Kugel des Thermometers ist gegen die Sonnenstrahlen und die nächtliche Wärmestrahlung durch ein kleines Gehäuse aus vernickeltem und gut polirtem Blech geschützt. Dieses Gehäuse besteht aus zwei Kegeln A und B (Fig. 1), deren unterer B ein abgestumpfter ist und nur bis zur Basisebene mn des oberen reicht. Beim Schleudern vermittels einer doppelten Schnur fliegt das mit einer schweren Kugel versehene Ende C des Thermometers voraus (in der Richtung des Pfeils), während die Quecksilberkugel, des grösseren Widerstandes des Gehäuses wegen, immer hinten bleibt. Da die Drehung gewöhnlich in einer horizontalen Ebene vor sich geht, wird also die Thermometerkugel immer durch den Blechkegel beschattet, während die Luft zwischen den beiden Kegeln durchströmt und das Reservoir umspült. Bei rascher Drehung nimmt das blanke Gehäuse nahezu die Temperatur der Luft an und beschattet deshalb nicht nur das Thermometer, sondern übt auch selbst keinen störenden Einfluss auf die Angaben des Thermometers aus. Dieses Schleuderthermometer wurde nach meinen Angaben vom Mechaniker Schultze in Jurjew (Dorpat) angefertigt, in der Allrussischen Ausstellung in Nishnij Nowgorod im Jahre 1896 vorge-

führt und ist in der „Beschreibung der Ausstellung des meteorologischen Observatoriums der Kais. Universität in Jurjew" abgebildet. Es gab, nach dem Zeugnisse des Inspektors der meteorologischen Stationen in Russland, Herrn W. Dubinskij, auch bei Sonnenschein richtige Temperaturwerthe.

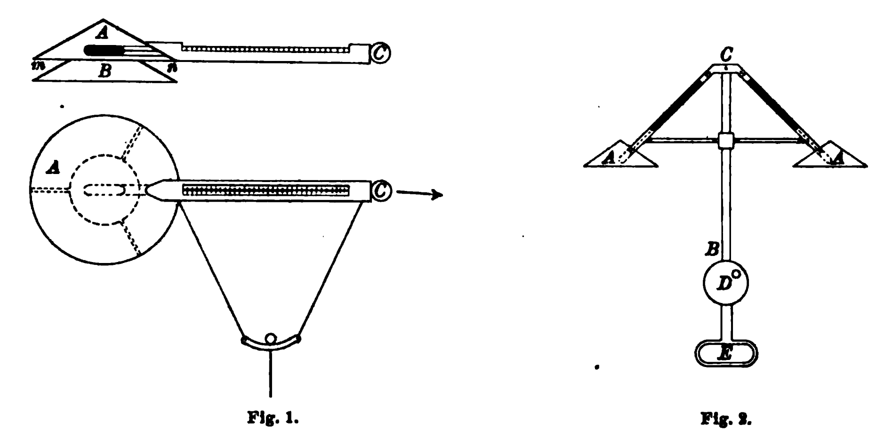


Fig. 1. Fig. 2.

Der Idee nach sehr ähnlich ist das von mir für meine Luftballonfahrt im Jahre 1887 modifizirte Rotations-Psychrometer der russischen Flotte. Bei ihm ist über den Thermometerkugeln je ein Schutzkegel A aus blankpolirtem Blech angebracht (vgl. die schematische Fig. 2). Die Drehung geschieht um die vertikale Achse BC, die durch das Zahnrad D in Bewegung gesetzt wird, während man den Apparat an dem Halter E in der linken Hand hält. Solche geschützte Rotations-Psychrometer sind seit dem Jahre 1887 auf den russischen Schiffen im Gebrauch.

Jurjew (Dorpat), Meteorologisches Observatorium.

Neue Kontrol-Schienen für gewöhnliche Polarplanimeter.

Von

E. Hammer.

Als Ergänzung meiner Mittheilung in *dieser Zeitschr. 15. S. 95. 1895* möchte ich hier die Anzeige machen, dass Herr Mechaniker G. Coradi in Zürich auf meine Veranlassung jetzt neben den älteren, *a. a. O.* erörterten Schienen mit runden Halbmessern (genau 2, 3, . . 10 *cm*) auch Schienen anfertigt, deren Fahrstift-Einsetzpunkte runde Kreisinhalte liefern (10, 20, 50, 100, 200 *qcm*); die Punkte sind also hier für den Kreis von der Fläche Q im Abstand $r = \sqrt{\frac{Q}{\pi}}$ vom Nullpunkt eingestochen und zwar sind die richtigen Entfernungen für die Temperatur + 20° C. vorhanden (Berührung der Schiene mit der Hand u. s. f.). Die Ermittelung eines Flächeninhalts F nach $F = Q \,.\, n/n_1$, wo n die Rollenumdrehungszahl bei Umfahrung von F, n_1 die bei Umfahrung von Q bedeutet, ist mit Hülfe dieser neuen Schiene noch etwas bequemer als mit Hülfe der alten, weil man ganz im Kopf rechnen kann für den gewöhnlich vorhandenen Fall, dass a so gestellt ist, dass $a\,u$ wenigstens sehr nahezu einen runden Werth hat, z. B. 99,5 oder 101,1 *qcm* u. dgl. Z. B. habe man bei der zweimaligen Durchfahrung des Kreises, neben dessen Halbmesserpunkt 100 *qcm* steht, die Ablesungsdifferenzen 1,002 und 1,004, im Mittel 1,003 erhalten, und bei der sofort folgenden zweimaligen Umfahrung der zu bestimmenden Fläche F (in deren Schwerpunkt, *nach Augenmaass*, die

Nullpunktsnadel der Schiene als Mittelpunkt des Probekreises Q eingestochen wurde) die Umdrehungszahlen 1,315 und 1,313, so ist $F = \frac{100 \,.\, 1{,}314}{1{,}003}\ qcm = (131{,}4 - \frac{3}{1000} \cdot 131)$ $= 131{,}0\ qcm$ ganz bequem im Kopf zu rechnen.

Für alle genauen Arbeiten ist sehr zu empfehlen, sich nicht auf die Angabe des Mechanikers über die Einstellung von a zu verlassen, schon deshalb nicht, weil die Rollenbewegung nicht unabhängig ist von der Polstellung zur Fläche F und ebenso von der Art der Papierfläche u. s. f.; man wird also für solche feinere Planimeterarbeiten stets $a\ u$ indirekt, mit Hülfe einer „Probefigur“, *mit* bestimmen. Die bequemste solche Probefläche ist aber die durch gezwungene (und deshalb genaue und rasche) Führung des Fahrstifts auf einer Kreislinie entstehende; sie ist *weit* bequemer als die oft noch empfohlene Zeichnung eines Quadrats oder gleichseitigen Dreiecks, wo zudem die brüske Richtungsänderung der Bewegung des Fahrstifts in den Ecken der Genauigkeit der Rollenabwicklung schadet. Nur der Landmesser braucht bei seinen Grundstücksflächen keine besondere Probeschiene zu Probekreisflächen, weil er Probeflächen in den Maschen der Koordinatennetzlinien seines Planes überall vorräthig hat.

Selbstverständlich ist, dass man die neuen Schienen mit *runden Kreisflächen* auch für solche Maassstäbe technischer Zeichnungen *besonders* (d. h. sogleich für Naturflächen) einrichten kann, bei denen der Längenmaassstab (z. B. 1 : 25) an sich verhältnissmässig unbequeme Flächenreduktionszahlen (Naturfläche im angegeb. Beispiel = 625 mal Planfläche) geben würde.

Referate.

Basismessung im Chamonix für die neue Triangulirung des Montblanc-Massivs.

Von Ing. H. Vallot. *Ann. de l'Observatoire météorologique du Mont Blanc. 2. S. 189. 1896.*

Der Verf. berichtet, nach einem Blick auf einige der neuern, zur raschen Grundlinienmessung II. O. bestimmten Apparate (bei den Band- und Draht-Apparaten werden die Messungen von Lommel, Hatt, Woodward, Jäderin besprochen), über seinen eigenen Apparat, mit dem er die nicht ganz 2 *km* lange Basis der neuen Montblanc-Triangulirung (für eine Karte in 1 : 20 000) gemessen hat. Der Apparat besteht aus einem Stahlband von 50,2 *m* Länge (Entfernung der Endstriche 50,000 *m*, bei 0° nahezu), 20 *mm* breit und etwas über $^1/_2$ *mm* stark, etwa $3^1/_2$ *kg* schwer; ein einfaches Dynamometer gestattete genügende Angabe der Spannung, die durchaus auf 10 *kg* gehalten wurde. Der ganze Apparat mit allem Zubehör kostete 100 M. Die Messung wurde durch nur zwei Leute besorgt; sie ist 5-mal wiederholt worden. Die erreichte Genauigkeit erscheint für den Zweck der Messung völlig genügend. *Hammer.*

Anwendung der Photographie auf die Detailaufnahmen zur Montblanc-Karte in 1:20 000.

Von J. und H. Vallot. *Ebenda 2. S. 213. 1896.*

Von ältern Zylinder-Panoramen-Apparaten werden besprochen der Perigraph von Mangin, das Pantaskop von Johnson und Brandon, der Panoramenapparat von Damoiseau, der Zylindrograph von Moëssard. Vorgezogen werden, wie allgemein geschieht, die Apparate mit ebener Bildfläche. Der phototopographische Apparat der Verfasser, aus dem Winter 1893/94 stammend, ist selbstverständlich speziell für die Arbeit im Hochgebirge bestimmt und sehr zweckmässig ausgedacht. Die Verf. nennen ihn Phototachymeter (*Photo-*

tachéomètre); das ganze Instrument nebst Kassette, Stativ und Latte wiegt 18 *kg*. Die Aufnahmen sind bereits ziemlich weit vorgeschritten; es sind aber in der vorliegenden Publikation bis jetzt weder Beispiele noch Nachweise über die erlangte Genauigkeit mitgetheilt.

Hammer.

Einige Versuche mit dem Sanguet'schen Tachymeter.

Von M. Petzoldt. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 700. 1896.*

Die in meinem Referat über die erste Veröffentlichung des Verf. über das Sanguet'sche Tachymeter (vgl. *d. Zeitschr.* **17.** *S. 31. 1897*) als wünschenswerth bezeichneten Versuche über die Leistungsfähigkeit des Instruments werden hier nachgeliefert. Die horizontale Entfernung wird bekanntlich unmittelbar an der Latte abgelesen, den Höhenunterschied erhält man durch Rechenschieber-Multiplikation der so abgelesenen Entfernung und der an der vertikalen Höhenwinkeltangens-Theilung erhaltenen Ablesung. Bei Verwendung des Instruments als Tachymeter, d. h. zur Bestimmung von Entfernung *und* Höhe, wird sich demnach kaum eine Zeitersparniss ergeben gegenüber dem gewöhnlichen Tachymeter mit Ablesung des Höhenwinkels; dagegen ist die Bestimmung der Distanz allein kürzer und das Instrument also zur „optischen" Messung von Zugseiten u. s. f. willkommen, wenn seine Genauigkeit dazu ausreicht. Diese Genauigkeit ist nun nach den Versuchen des Verf. in der That nicht gering: bei Entfernungen von 50, 100, 150 und 200 *m* findet er, abgesehen von einem gleichgültigen konstanten Fehler von etwa 0,3 %, bei der zweiten Messungsreihe (*eine* Einstellung und *eine* Ablesung) einen zufälligen m. F. von ± 8, ± 16, ± 27 und ± 32 *cm*, der sich bei besserer Lattenhaltung sicher auf die Hälfte vermindern lässt. Der Höhenfehler (bei den offenbar vorhandenen kleinen Höhenwinkeln) betrug im Mittel nur 5 *cm*.

Hammer.

Röther's Spiegelkippregel mit Bussole.

Ausgeführt von T. Ertel und Sohn in München. (D. R. G. M. 51448.)

Der bayrische Bezirksgeometer Röther in Weiden hat eine Kippregel von folgender Einrichtung hergestellt (ausgeführt von Ertel). Die auf dem Lineal befestigte Zielvorrichtung besteht aus zwei (auf- und niederkippbaren) Spiegeln, in deren Belag Linien eingerissen sind; der kleinere (vordere) Spiegel trägt zwei diagonale, der grosse (hintere) Spiegel eine vertikale Linie. Beide Spiegel kehren ihre reflektirenden Ebenen einander zu; der grosse Spiegel bildet mit der Linealebene einen Winkel von etwa 80°, der kleine von etwa 50°, sodass beide Spiegel für das über dem grossen Spiegel befindliche Auge des Beobachters zu einem Winkelspiegel zusammenwirken, und man beim Sehen nach dem kleinen Spiegel einen horizontal vor dem Beobachter (in der Richtung des Lineals) liegenden Punkt mit Benutzung der durch die drei Spiegellinien hergestellten Ziellinie anvisiren kann. Die metallenen Spiegelfassungen sind hinter den eingerissenen Spiegellinien durchbrochen, sodass diese Linien scharf und transparent hervortreten. Zwischen den Spiegeln befindet sich eine (mit Rücksicht auf die Deklination verstellbare) Bussole, die, statt des Ziehens der Zielrichtung an der Linealkante, zugleich mit der Verstellung der Ziellinie abgelesen werden kann. Ref. hat noch keine eigene Erfahrung mit dem soeben erst im geodätischen Apparat der Stuttgarter Technischen Hochschule eingetroffenen Instrumentchen, zweifelt aber schon jetzt nicht an seiner Zweckmässigkeit für viele Fälle, in denen die durch die vorstehend genannte Einrichtung angedeutete Genauigkeit genügt. *Hammer.*

Der fest aufgestellte Entfernungsmesser von Barr und Stroud.

Engineering **62.** *S. 701. 1896.*

Die Verfasser beschreiben einen grossen, fest aufgestellten „*Range-Finder*" (Festungs-*Range-Finder*) von wesentlich genau derselben Einrichtung, wie das Schiffs-Instrument, über das hier referirt worden ist (vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 249. 1896*). Die Anwendung ist sehr bequem: als Zeit, die zur Aufsuchung einer Entfernung nothwendig ist, von dem Augenblick

der Benutzung des Instrumentes an, wird 8 bis 12 Sekunden angegeben. Die mitgetheilten Versuche mit 5 Barr- und Stroud'schen Instrumenten zeigen überraschende Genauigkeit: die benutzten Entfernungen sind 298, 1805 und 5440 *m*; die Fehler gehen, *auf die Entfernung* (1000 *Yards* =) 2743 *m reduzirt*, über ± $^{1}/_{2}$ % nirgends wesentlich hinaus. Dabei zeigt sich, worauf im Original nicht einmal hingewiesen wird, bei 4 von den 5 Instrumenten ein von der Entfernung abhängender Gang des Fehlers, also eine regelmässige Fehlerquelle, die wohl leicht durch Korrektion der Skale wegzuschaffen wäre. *Hammer.*

Rechenschieber für Meliorations-Rechnungen.

Engineering ***62.*** *S. 655. 1896.*

Der Beschreibung des Crane'schen Rechenschiebers für die bei Ent- und Bewässerungsanlagen vorkommenden Rechnungen fügt der anonyme Verfasser die Bemerkung bei, dass er im Allgemeinen den Gebrauch von besonderen Rechenschiebern für spezielle Zwecke nicht befürworte; doch sei das vorliegende Instrument empfehlenswerth. Ref. ist, ohne gerade im vorliegenden Fall urtheilen zu wollen, der Meinung, dass man für gewisse Zwecke besonders eingerichtete Rechenschieber, die allerdings, um ihren vollen Nutzen zu entfalten, in fortwährendem Gebrauch sein müssen, gar nicht genug empfehlen kann; es ist geradezu merkwürdig, wie langsam sich solche Instrumente in Deutschland Bahn brechen. Man wendet bei uns neben dem gewöhnlichen Rechenschieber für reine Zahlenrechnung, den jetzt wohl jeder praktische Rechner für unentbehrlich hält, besonders eingerichtete Schieber u. dgl. noch kaum zu etwas anderem an, als zur Ausrechnung tachymetrisch gemessener Punkte; und doch lassen sich zahlreiche häufig, von Tag zu Tag, wiederkehrende wissenschaftliche und technische Rechnungen anführen, für die ein besonderer Rechenschieber die besten Dienste leisten würde und für die man sich oft alles Erforderliche völlig genügend ohne nennenswerthe Kosten selbst anfertigen kann. *Hammer.*

Vergleichung des Ganges zweier Pendel von nahezu gleicher Schwingungsdauer.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* ***124.*** *S. 125. 1897.*

Die beiden Pendel werden zum Zweck der Vergleichung durch den elektrischen Funken, der durch die Entladung einer Leydener Flasche erzeugt wird, beleuchtet; wegen der kurzen Dauer des Funkens scheinen sie in diesem Momente stille zu stehen, sodass ihre Stellung mit grosser Schärfe entweder abgelesen oder besser noch photographirt werden kann. Bestimmt man die Phasendifferenz der beiden Pendel zu zwei verschiedenen Zeiten, so giebt die in Zeit ausgedrückte Aenderung der Phasendifferenz dividirt durch das Intervall zwischen den Beobachtungszeiten den Gang des einen Pendels in Bezug auf das andere. Die beiden Pendel können bei dieser Methode der Vergleichung sich in ganz verschiedenen Räumen befinden, man braucht dann nur den elektrischen Funken an zwei Stellen des Schliessungsdrahtes überspringen zu lassen.

Recht bequem wird die Vergleichung, wenn das eine der Pendel mit einem elektrischen Kontakt versehen ist. Man schaltet dann in den Stromkreis ein Relais ein, welches bei jeder Pendelschwingung den primären Strom eines Induktionsapparates unterbricht. Um den zur Beleuchtung des zweiten Pendels dienenden Funken des sekundären Stromes zu verstärken, empfiehlt es sich, in den sekundären Stromkreis auch noch eine oder mehrere Leydener Flaschen einzuschalten. Die Zeit, welche das Relais benöthigt, um den Strom zu unterbrechen, braucht nicht berücksichtigt zu werden, da sie konstant ist und bei der Berechnung des Ganges herausfällt. Hat das zweite Pendel genau dieselbe Schwingungsdauer wie das erste, so wird ein an seinem unteren Ende angebrachter Index bei der Belichtung immer dieselbe Stellung einnehmen, im anderen Fall wird er auf der Skale wandern.

Um zu wissen, welche Zeit das Pendel zum Durchschwingen einer beobachteten Phase braucht, muss auch die Amplitude der Schwingungen beobachtet werden. In dem letztgedachten Fall, wo das zweite Pendel bei jeder Schwingung durch den elektrischen Funken

auf einen Moment belichtet wird, wird man ausserdem noch den Index während einer oder zweier Pendelschwingungen dauernd beleuchten. Man kann dann auf der Platte ausser der Stellung des Index während der Belichtung durch den Funken auch die Amplitude ablesen. Bezeichnet man den Abstand des mittleren Indexbildes von seinen grössten Elongationen mit p und q, seinen Abstand von der Vertikalen mit y, die Amplitude selbst aber mit A, so findet Ref. die Formel $\frac{y}{A} = \frac{p-q}{p+q}$, während Verf. $\frac{y}{A} = \frac{p-q}{2(p+q)}$ angiebt.

Schwingen die Pendel Sekunden und hat das zweite, von welchem die photographischen Aufnahmen gemacht werden, eine Amplitude von 10 *mm*, so braucht es nach der Formel $t = \frac{T}{2\pi} \arcsin \frac{y}{A}$, wo T die Periode für einen Hin- und Hergang, also gleich 2 Sekunden ist, zum Durchlaufen eines Bogens von 0,01 *mm* $^1/_{3000}$ Sekunde, wenn es nahe seiner tiefsten Lage ist, und $^1/_{70}$ Sekunde, wenn es nahe seiner grössten Elongation ist. Beträgt das Beobachtungsintervall 5 Minuten und ist die Bestimmung des Weges, den das Bild des Index während dieser Zeit gewandert ist, einem Fehler von 0,01 *mm* unterworfen, so wird das für den Gang gefundene Resultat mit einem Fehler von $^1/_{900000}$, bez. $^1/_{21000}$ Sekunden behaftet sein. Verf. giebt als Fehler $^1/_{1800000}$ Sekunde an, weil er wahrscheinlich ein Halbsekundenpendel, für welches die Periode T für einen Hin- und Hergang gleich 1 Sekunde ist, unter dem, was er schlechthin Pendel nennt, verstanden haben will. Die Phasenvergleichung muss dann nahe dem Durchgang durch die Vertikale erfolgen, was sich meist wohl auch unschwer ermöglichen lässt. *Kn.*

Vergleichung von Uhren mit nahezu gleichem Gange.

Von G. Bigourdan. *Compt. rend.* ***124.*** *S. 279. 1897.*

Für die Fälle, wo auf die Bestimmung des Ganges eines Pendels nicht viel Zeit verwandt werden soll, wie bei Schwerebestimmungen auf Expeditionen, und wo daher sowohl die Aufstellung einer Pendeluhr wie die Herstellung der elektrischen Einrichtung mit zu viel Umständen verbunden wäre, empfiehlt Verf., anknüpfend an den im vorhergehenden Referat besprochenen Lippmann'schen Vorschlag für die Vergleichung zweier Pendel von nahezu gleicher Schwingungsdauer, den Gang des Pendels durch ein Chronometer zu bestimmen, wenn der Gang beider nahezu derselbe ist. Die Unruhe des Chronometers wird zu diesem Zweck mit einem aus einem leichten Metallplättchen bestehenden Kranz versehen, welcher eine radial gerichtete, etwa 1 *mm* breite, spaltförmige Oeffnung hat. Das Chronometergehäuse ist an der Stelle, wo der Spalt bei der Schwingung der Unruhe die grösste Geschwindigkeit besitzt, wo er sich also befindet, wenn die Uhr steht, durchbrochen, sodass ein von einer Lampe kommender Lichtstrahl bei jeder Oszillation hindurchtreten und auf das zu vergleichende Pendel fallen kann, das bei der kurzen Beleuchtung stille zu stehen scheint. Das Pendel ist mit einem über einer Skale sich bewegenden Index versehen, dessen Stellung für den Moment der Beleuchtung man abliest. Behufs intensiverer Beleuchtung bringt man zwischen Lampe und Chronometer eine Sammellinse, welche die Strahlen konvergent auf das Chronometer wirft, und auf die andere Seite dieses letzteren ebenfalls eine Linse, welche die divergent aus dem Chronometer tretenden Strahlen wieder parallel macht. Die Dauer der Beleuchtung betrug bei den Versuchen des Verf. $^1/_{400}$ Sekunde und genügte vollständig, selbst für Beobachtungen bei Tageslicht, sodass Verf. ein Gelingen der Beobachtungen auch bei einer Beleuchtungsdauer von weniger als $^1/_{1000}$ Sekunde für zweifellos hält. *Kn.*

Gravitationskonstante und mittlere Dichtigkeit der Erde, bestimmt durch Wägungen.

Von Franz Richarz und Otto Krigar-Menzel. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1896. S. 1305.*

Die vorliegende Publikation giebt den ersten vollständigen, wenn auch zunächst nur summarischen Bericht über die von den Verfassern im Jahre 1884 begonnenen umfassenden Untersuchungen. Das Prinzip der Bestimmung der Gravitationskonstante lässt sich mit

wenigen Worten auseinandersetzen: Eine gewöhnliche Waage, an deren beiden Schalen vermittels je einer Stange von 226 *cm* Länge noch eine zweite untere Schale hängt — die Verfasser nennen dies System eine „Doppelwaage“ —, ist zunächst frei aufgestellt. Bei einer ersten Wägung befinden sich zwei Kugeln von 1 *kg* Gewicht auf den Waageschalen links oben und rechts unten; die hierbei durch eine vollständige Gauss'sche Wägung mit horizontaler Umsetzung der Massen gefundene Gewichtsdifferenz rührt her von der Differenz der beiden Massen und dem Unterschiede der Schwerkraft oben und unten. Kombinirt man eine solche Wägung mit einer ähnlichen zweiten, bei welcher die Kilogramme zwischen oben und unten vertauscht sind, so erhält man den Unterschied der beiden Massen und den Unterschied der Schwerkraft oben und unten, die Abnahme der Schwere mit der Höhe, gesondert.

Zur Bestimmung der Gravitationskonstante ist nun zwischen dem oberen und unteren Schalenpaare ein kubischer Bleiklotz von etwa 9 *cbm* Inhalt und mehr als 100 000 *kg* Masse aufgebaut, durch welchen die Verbindungsstangen zwischen den beiden Waagschalenpaaren in engen Kanälen hindurchgeführt sind. Gegenüber der freien Aufstellung der Doppelwaage ist hierdurch die Schwere an dem Orte der oberen und unteren Waageschalen um den Betrag der Attraktion des Bleiklotzes geändert und zwar ist die Schwere oben um diese Grösse vermehrt, unten um die gleiche Grösse vermindert. Führt man nun Wägungen in derselben Anordnung, wie oben bei der freistehenden Doppelwaage beschrieben, aus, so ergiebt eine Kombination dieser Wägungen mit den Wägungen bei freistehender Doppelwaage die Attraktion des Bleiklotzes gesondert.

Um bei diesen Wägungen von den Differenzen der Luftdichte oben und unten frei zu werden, benutzten die Verfasser zwei den Kilogrammkugeln inhaltlich gleiche Platinhohlkugeln, welche stets die von den Kilogrammen unbesetzt gebliebenen Plätze auf den Waagschalen einnahmen. Die Masse jeder derselben betrug 53,318 *g*. Den trotz sorgfältigster Ausführung verbliebenen kleinen Volumdifferenzen (bis 0,4 *ccm*) wurde durch Anbringung von Korrektionen Rechnung getragen.

Die Ausführung der Wägungen geschah im innersten Theile einer zur ebenen Erde befindlichen, erdgedeckten Kasematte, in welcher der eigentliche Beobachtungsraum zum Zwecke des Temperaturschutzes durch zwei doppelte Bretterverschläge mit Sägespänefüllung abgeschlossen war. Ausserdem war zum Schutze gegen Feuchtigkeit der Beobachtungsraum mit verlötheten Blechplatten bekleidet und mit Bleipfannen mit Schwefelsäurefüllung ausgerüstet. Hiervon ist ferner der Aufenthaltsort des Beobachters durch eine doppelte Zinkwand getrennt, auch ist die Waage und der Bleiklotz noch von einem grossen Zinkkasten überdeckt; die Gewichte bleiben bei der Vertauschung stets innerhalb des Zinkkastens; die Stangen, Schnüre etc. zur automatischen Vertauschung gehen durch die eine Seite dieses Zinkkastens und durch die Zinkwand zum Platze des Beobachters.

Die zu den Beobachtungen dienende Waage ist von P. Stückrath gebaut und mit der von demselben erdachten Zentrirungsvorrichtung versehen worden. Sie wurde im Laufe der Untersuchungen mit zahlreichen Verbesserungen, die sich insbesondere auf eine bessere Versteifung des Waagebalkens beziehen, versehen. Als Gewichtsstücke dienten vergoldete und platinirte Kilogramme in Kugelform aus gegossenem, gehämmerten Kupfer; Messing hat sich nicht bewährt. Ihre Massen und Volumina wurden, ebenso wie die benutzten Reitergewichte im *Bureau international des poids et mesures* zu Breteuil bestimmt.

Der Bleiklotz hatte die Gestalt einer quadratischen Säule von 200 *cm* Höhe und 210 *cm* Kantenlänge und bestand im Allgemeinen aus einzeln gewogenen Stücken von $10 \times 10 \times 30$ *cm*, die unter Vermeidung durchlaufender Vertikalfugen zusammengefügt waren. Das den Bleiklotz tragende Fundament war zwei Meter hoch gemauert, wovon nur $^1/_2$ *m* aus dem Boden herausragte. Um eine mögliche Senkung des Fundaments unschädlich zu machen, wurde einmal jeder direkte Zusammenhang zwischen dem Fundamente und den festen Stützpunkten der Waage und der Beleuchtungseinrichtung vermieden, andererseits aber auch eine Nivellirungseinrichtung angebracht, um das Verhalten des Bleiklotzes zu kontroliren. Thatsäch-

lich wurde nun auch eine Senkung des Fundamentes in der Mitte um 8 *mm* sowie eine kleine Neigung der Vertikalachse beobachtet. Nach Abbau des Bleiklotzes hob sich das Fundament wieder um 0,7 *mm*.

Trotz der vorzüglichen Wärmeschutzeinrichtungen lässt sich doch noch ein geringer Einfluss der mittleren Aussentemperatur in den Wägungsresultaten nachweisen, indessen würde es an dieser Stelle zu weit führen, bei der Diskussion dieser systematischen Fehlerquelle und dem Versuche, dieselbe zu eliminiren, den Ausführungen der Verfasser zu folgen.

Die definitiven Resultate sind durch Ausgleichung von 52 vorliegenden guten und einer Anzahl geringwerthiger Wägungsreihen ohne Bleiklotz sowie 69 guten und 12 minderwerthigen Beobachtungsreihen mit Bleiklotz, welche wiederum jedesmal nach Maassgabe ihrer wahrscheinlichen Fehler vereinigt sind, gewonnen.

Man erhält daraus zunächst für die Abnahme der Schwere mit der Höhe

$$g_u - g_o = 0{,}000\,5183\,(1{,}2453 \pm 0{,}0016)\,\frac{cm}{sek^2}\ ^{1)}.$$

Für die Gravitationskonstante erhalten die Verfasser folgenden Werth

$$G = (6{,}685 \pm 0{,}011)\,10^{-8}\,\frac{cm^3}{g\,.\,sek^2},$$

woraus sich endlich auf theoretischem Wege, unter der Annahme, dass die Beschleunigung der Schwere als Funktion der geographischen Breite B durch die Gleichung

$$g = 978{,}00\,(1 + 0{,}005\,310\,\sin^2 B)\,\frac{cm}{sek^2}$$

gegeben sei, die mittlere Dichte der Erde zu

$$\Delta = (5{,}505 \pm 0{,}009)\,\frac{g}{cm^3}$$

berechnet. Diesem Werthe stehen die folgenden Resultate früherer Beobachter gegenüber, von denen indessen die ersten fünf durch den Einfluss sehr starker Fehlerquellen recht unsicher sind:

Beobachter	Methode	Δ	Wahrsch. Fehler
Cavendish	Drehwaage	5,45	
Reich	"	5,49 und 5,58	
Baily	"	5,67	
Cornu und Baille	"	5,56 und 5,50	
Jolly	Waage mit langem Gehänge	5,692	± 0,068
Wilsing	Pendelapparat	5,594	± 0,032
Derselbe später, mit Vermeidung gewisser Fehlerquellen	"	5,577	± 0,013
Poynting	Waage	5,4934	
Boys	Verbesserte Drehwaage	5,5270	

Schl.

Ein verbesserter Thermostat ohne Gasbenutzung.

Von W. Karawaiew. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* **13.** *S. 289. 1896.*

Im Innern des Thermostaten befindet sich ein Kästchen aus Kupferblech, welches durch ein Zinnrohr mit einem Kautschukreservoir in Verbindung steht. Das ganze System ist mit Luft gefüllt. Steigt die Temperatur, so vermehrt sich der Innendruck des abgeschlossenen

[1]) Die Abnahme des Gewichtes von 1 *kg* bei einer Erhebung um 1 *m* berechnet sich hieraus zu 0,2856 *mg*. Die gleiche Grösse ist für das Bureau international des poids et mesures im Pavillon de Breteuil von Thiesen zu 0,309 *mg*, ferner für das Grundstück der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu 0,295 *mg* bestimmt worden (vgl. K. Scheel und H. Diesselhorst, Bestimmung der Aenderung der Schwere mit der Höhe u. s. w., *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 199. 1895*; s. auch *diese Zeitschr.* **16.** *S. 25. 1896*). Die drei Werthe sind natürlich wegen der lokalen Einflüsse nicht unmittelbar zu vergleichen.

Luftquantums, was sich durch ein Aufblasen der Wandungen des Kautschukreservoirs kundgiebt. Diese Gestaltsänderung wird durch ein System von Hebeln auf eine bewegliche Platte übertragen, welche um so mehr die heizende Flamme abdeckt, je höher die Temperatur über den Sollwerth steigt.

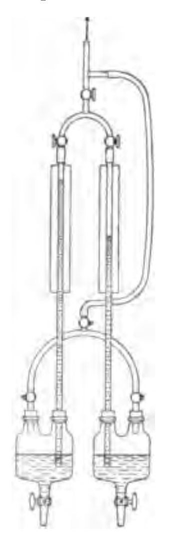
Als heizende Flamme wird eine Puschkareff'sche Benzinlampe benutzt.

Schl.

Methode zur Messung des Dampfdruckes von Flüssigkeiten.

Von Lord Kelvin. *Nature* ***55.*** *S. 273 u. 295. 1897.*

Der benutzte Apparat ist in der nebenstehenden Skizze abgebildet. Er besteht aus zwei Woolff'schen Flaschen, in welche je eine vertikale Glasröhre fast bis auf den Boden eingesenkt ist, und welche die beiden zu vergleichenden Flüssigkeiten enthalten. Beide Glasröhren, die in ihrem oberen Ende zur Herstellung beliebiger Temperaturen von Glasmänteln umschlossen sind, vereinigen sich nach Zwischenschaltung je eines Hahnes zu einer gemeinsamen Leitung, die ihrerseits ebenfalls mit Zwischenschaltung eines Hahnes zu einer Luftpumpe führt. Durch die beiden anderen Tuben sind beide Woolff'schen Flaschen durch ein gebogenes Metallrohr verbunden, von welchem ein Zweig gleichfalls zur Luftpumpe führt; auch hier sind Hähne, wie es die Figur zeigt, zwischengeschaltet. Durch die unteren Oeffnungen der Woolff'schen Flaschen können die zu untersuchenden Flüssigkeiten eingeführt werden.



Bei passender Stellung der Hähne wird zunächst Flüssigkeit in beiden Glasröhren aufgesaugt; dann werden alle Hähne geschlossen, mit Ausnahme der beiden im gekrümmten Metallrohre, welche eine Kommunikation der Luft in den Woolff'schen Flaschen gestatten. Die Höhendifferenz der Flüssigkeitsoberflächen in den beiden vertikalen Glasröhren giebt alsdann die Differenz der Dampfdrucke beider Flüssigkeiten bei den betreffenden Temperaturen an.

Der Verfasser schlägt vor, die Messungen auf die bekannte Dampfspannung des Wassers zu beziehen. *Schl.*

Die ältesten Quecksilberthermometer.

Von G. Hellmann. *Meteorol. Zeitschr.* ***14.*** *S. 31. 1897.*

Gegenüber der Veröffentlichung des Abbé Maze (s. *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 264. 1895*), wonach der französische Astronom Ismaël Boullian zuerst (1659) ein Quecksilberthermometer gebraucht habe, hat der Verfasser gefunden, dass schon die Mitglieder der *Academia del Cimento* in Florenz Quecksilberthermometer im Jahre 1657 zu Experimenten benutzt haben. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass Boullian sowohl sein Quecksilber-, als auch sein Weingeistthermometer aus Florenz erhalten habe. Diese Ansicht gewinnt noch mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man berücksichtigt, dass Boullian selbst in Florenz gewesen und dort von Ferdinand II., Grossherzog von Toskana, dem Förderer der Thermometrie, empfangen worden ist. Im Uebrigen hat schon 1641 der bekannte Athanasius Kirchner bei dem alten Luftthermoskop Quecksilber als Index angewandt.

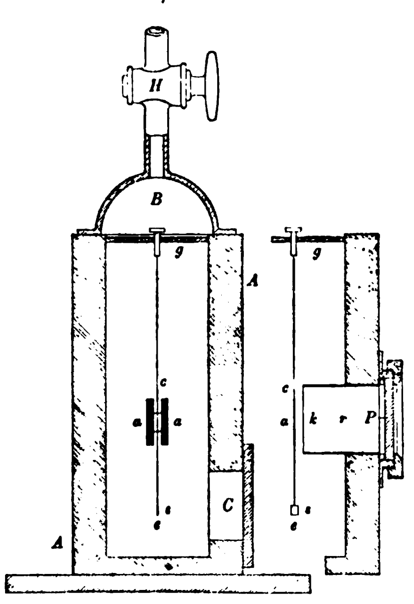
Der Verfasser hebt ferner gleichfalls einer an anderer Stelle erfolgten Publikation des Abbé Maze gegenüber hervor, dass Ismaël Boullian seine meteorologischen Beobachtungen in Paris nicht auf eigene Initiative hin, sondern auf Veranlassung des Grossherzogs Ferdinand II. angestellt habe, der im Jahre 1654 begann, das erste Netz meteorologischer Stationen einzurichten. Solche Stationen bestanden ausserhalb Italiens ausser in Paris noch in Innsbruck, Osnabrück und Warschau. Da die Aufzeichnungen in bestimmte Formulare eingetragen und diese nach Florenz geschickt wurden, so dürften diese Beobachtungen vielleicht durch Nachforschungen in Florenz oder an einem der vier anderen Orte ausserhalb Italiens wieder aufgefunden werden können. *Schl.*

Das Radiometer als Messinstrument der Energie im ultrarothen Spektrum und das Verhalten des Quarzes gegen langwellige Strahlung.

Von E. F. Nichols. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1896. S. 1183; Phys. Rev. 4. S. 297. 1897.*

Nichols hat das bekannte Crookes'sche Radiometer derartig verbessert, dass man mit demselben dieselbe Empfindlichkeit erreicht, wie mit dem sonst üblichen Bolometer oder Thermoelement.

Die Figur zeigt einen Aufriss des Instrumentes senkrecht zum Strahlengang und einen vertikalen Schnitt in der Richtung des letzteren. Das Gehäuse *A* aus Rothguss ist von oben nach unten achsial bis zu 5 *mm* Entfernung von der Basis durchbohrt; es wird durch drei Nivellirschrauben getragen und ist mit einer luftdicht schliessenden Glasglocke *B* bedeckt; von dieser führt ein mit Abschlusshahn versehenes Rohr zu einer Quecksilberluftpumpe. In das Gehäuse sind seitlich 2 Oeffnungen gebohrt, von denen die eine *C* mit einer Spiegelglasplatte bedeckt ist; durch diese Oeffnung hindurch werden mittels Fernrohr und Skale die Ablenkungen des beweglichen Systems abgelesen. Durch die zweite Oeffnung treten die zu messenden Strahlen in das Radiometer. Auf den Rand dieser Oeffnung ist eine Messingfassung gekittet, die eine mit Gummi gedichtete, kreisrunde Flussspathplatte *P* trägt. In die Oeffnung ist noch ein kurzes Messingrohr *r* eingesetzt, das fast bis zur Längsachse des Gehäuses hineinragt und an seinem inneren Ende durch eine dünne Glimmerplatte *k* abgeschlossen ist. Das bewegliche System besteht aus zwei gleichen Glimmerflügeln *a a*, die beide auf der Vorderseite geschwärzt sind; sie sind zu beiden Seiten eines dünnen Glasfadens *c e* durch einen kurzen Glasfaden befestigt; der Faden *c e* hängt an einem sehr feinen Quarzfaden und trägt unten einen kleinen Ablesespiegel. Das gesammte Gewicht des Systems betrug 7 *mg*.



Frühere Beobachter haben gezeigt, dass die Empfindlichkeit eines Radiometers vom Druck des Gases abhängt und dass sie bei gleichem Druck mit abnehmender Entfernung des geschwärzten Flügels von der gegenüberliegenden Wand zunimmt. Das Nichols'sche Instrument erreichte das Maximum der Empfindlichkeit bei einer Schwingungsdauer von 12 Sekunden, wenn die Flügel 2,5 *mm* von der Glimmerplatte entfernt waren bei einem Druck von 0,05 *mm*. Liess man die Strahlen einer 6 *m* entfernten Kerze auf einen der Flügel fallen, so erhielt man eine Ablenkung von 60 *mm* bei einem Skalenabstand von 1 *m*. Weiter wurde durch den Versuch nachgewiesen, dass bei der beschriebenen Anordnung die Ausschläge des Radiometers der Energie der auffallenden Strahlung genau proportional waren.

Als Vorzüge dem Linearbolometer und der Thermosäule gegenüber führt Nichols an:

1. Das Radiometer ist von magnetischen und thermoelektrischen Störungen unabhängig;

2. die Wirkung von Strahlen, die nicht von der zu messenden Quelle ausgehen, kann besser kompensirt werden;

3. das Radiometer ist frei von Störungen in Folge der Luftströmungen, die sich über dem erwärmten Bolometerdraht bilden.

Dagegen hat es folgende Nachtheile:

1. Es ist nicht so leicht transportabel als das Bolometer oder die Thermosäule;

2. alle zu messenden Strahlen sind Verlusten durch Reflexion und selektive Absorption am Radiometerfenster unterworfen;

3. in gegenwärtiger Form kann es nicht länger als eine Woche von der Luftpumpe getrennt werden, ohne an Empfindlichkeit einzubüssen.

Nichols benutzt nun sein Instrument, um das Verhalten des Quarzes im Spektralgebiet 4 μ bis 9 μ zu studiren Das Reflexionsvermögen bestimmt er dadurch, dass er es mit dem bekannten Reflexionsvermögen einer Silberplatte vergleicht. Um die Durchlässigkeit zu messen, wurde die Intensität des direkten Strahles mit der Intensität des durch eine dünne Quarzplatte hindurchgegangenen Strahles verglichen. Aus Reflexionsvermögen und Durchlässigkeit kann man dann den Brechungsquotienten für jede Wellenlänge berechnen. Aus den Resultaten geht hervor, dass das optische Verhalten des Quarzes in dem Gebiet $\lambda = 7{,}4\ \mu$ bis 8,4 μ von dem Verhalten eines nicht metallischen Körpers zu dem eines metallischen übergeht, dass also der Quarz sich in jenem Gebiet ähnlich verhält, wie das Fuchsin in seinem im sichtbaren Spektralgebiet liegenden Absorptionsstreifen. *E. O.*

Neues Doppelbildmikrometer zur Messung kleiner Durchmesser.

Von G. Bigourdan. *Compt. rend.* ***123.*** *S. 1048. 1896.*

Das Doppelbildmikrometer des Verf. gründet sich auf folgenden physikalischen Versuch. Stellt man einen Kalkspathkrystall auf ein Blatt Papier, worauf ein schwarzer Punkt gezeichnet ist, so sieht man zwei Bilder dieses Punktes. Stellt man auf den Kalkspathkrystall noch einen zweiten solchen von gleicher Höhe, so sieht man im Allgemeinen vier Bilder des Punktes, welche die Ecken eines Rhombus bilden und von denen je zwei einander gegenüberliegende die gleiche Helligkeit besitzen. Wird der obere Krystall so gedreht, dass die beiden Hauptschnitte den Winkel 0° oder 90° mit einander bilden, so verschwinden zwei der Punkte; bilden die Hauptschnitte den Winkel 180° mit einander, d. h. sind sie einander parallel, stehen aber die Krystalle nicht gleich gerichtet, so bleibt nur ein Bild übrig. Von dieser letzteren Stellung der Krystalle an rechnet Verf. den Winkel α zwischen den Hauptschnitten. Die Formeln für die Helligkeit und die Distanz je eines Bildpaares sind dann, wenn die Helligkeit des einfallenden Lichtstrahles mit J und die Seite des Rhombus mit a bezeichnet wird, die folgenden:

Helligkeit des Paares A: $\frac{1}{2} J \cos\alpha$; des Paares B: $\frac{1}{2} J \sin\alpha$
Distanz " " " $2a \sin \alpha/2$; " " " $2a \cos \alpha/2$.

Statt zweier Kalkspathkrystalle hat Verf., weil dieselben eine unbequeme Dicke haben müssten, zwei achromatische Bergkrystallprismen genommen, die vor dem Okular, das eine fest, das andere in der zur optischen Achse des Fernrohrs senkrechten Ebene drehbar, angebracht sind. Bei der Beobachtung wird nun das vordere Prisma so lange gedreht, bis die beiden helleren Bildscheibchen einander berühren. Die Nullstellung bestimmt man so, dass man das vordere Prisma einmal rechts und einmal links herum bis zur Berührung der Scheibchen dreht. Solange der Winkel α klein ist, etwa bis 20° — und zur Bestimmung kleiner Durchmesser soll das Mikrometer des Verf. ja vorzugsweise dienen — wird das Paar A fast dieselbe Helligkeit besitzen, wie wenn man ein Heliometer benutzte. Die Entfernung der Mittelpunkte der Scheibchen wird mit einer grösseren Genauigkeit gefunden, als mit welcher die Konstante a selbst bekannt ist, wegen des kleinen Faktors, mit dem sie multiplizirt ist. Für die Bestimmung der Durchmesser der Jupitermonde habe sich das Mikrometer, wie Verf. sagt, sehr gut bewährt, namentlich aber habe er es seither zur Beurtheilung des Luftzustandes aus dem Doppelbild eines Fixsternes angewandt. Bekanntlich eigne sich hierzu ein Doppelstern ganz besonders, oft sei aber kein solcher von der gewünschten Distanz, von gleicher Helligkeit der Komponenten und von bequemer Höhe über dem Horizont zu finden. Das Mikrometer hebe nicht allein diese Schwierigkeiten, sondern erlaube auch den Luftzustand zahlenmässig (durch den Winkel α) auszudrücken. *Kn.*

Messung von Platten sehr geringer Dicke in absolutem Maass; Herstellung von Normalen zur optischen Messung dünner Luftschichten.

Von Ch. Fabry und A. Pérot. *Compt. rend.* ***123.*** *S. 802 u. 990. 1896.*

Lässt man durch ein System von zwei sehr wenig gegen einander geneigten, planparallelen Glasplatten monochromatisches Licht, etwa Natriumlicht, hindurchtreten, so erblickt

man eine Anzahl gerader, äquidistanter Interferenzstreifen, deren Breite von der Neigung der Platten gegen einander abhängt. Diese Streifen kommen dadurch zu Stande, dass die direkt hindurchgegangenen Strahlen mit denjenigen interferiren, welche an den beiden Seitenflächen des zwischen den Platten befindlichen Luftkeils eine zwei- bezw. mehrfache Reflexion erfahren haben. Da jedoch bei senkrechtem Einfall an einer gewöhnlichen Glasplatte nur ein geringer Bruchtheil des Lichts reflektirt wird, so besitzen die interferirenden Komponenten sehr verschiedene Intensität und die ganze Erscheinung ist ziemlich verschwommen. Diesem Uebelstande ist leicht dadurch abzuhelfen, dass man die reflektirenden Glasflächen schwach versilbert (die Dicke der Silberschicht ist möglichst so zu wählen, dass jedesmal etwa 75% des Lichtes reflektirt und 25% durchgelassen werden); die Interferenzstreifen treten alsdann ungemein scharf hervor.

Die eine Silberschicht jedes Keils ist mit einer feinen Millimetertheilung versehen, und es handelt sich nun zunächst darum, die Dicke der Keilschicht in Wellenlängen des angewendeten Lichtes für jeden Theilstrich genau zu ermitteln; dazu genügt es aber, wenn man diese Dicke für einen bestimmten Theilstrich kennt, denn man braucht dann nur die Interferenzstreifen von dieser Stelle aus weiter abzuzählen, da sich die Keildicke mit jedem neuen Streifen um eine halbe Wellenlänge vermehrt bezw. vermindert. Zu diesem Zwecke bedarf man zweier Keile von ungefähr denselben Dimensionen; dieselben werden so vor einander gesetzt, dass die Theilung des ersten Keils auf derjenigen des zweiten projizirt erscheint, und durch eine sehr helle Lichtquelle (elektrisches Bogenlicht) erleuchtet. Man fasst nun einen bestimmten Theilstrich des zweiten Keils ins Auge und schiebt den ersten Keil langsam am zweiten vorbei; dann wird bei einer bestimmten Stellung an dem betreffenden Theilstrich ein heller, von farbigen Fransen umgebener Interferenzstreifen auftreten, und zwar dann, wenn die Dicke x der beiden Keile an der betreffenden Stelle genau gleich ist. Dann nämlich gelangen die an den beiden Flächen des ersten Keils reflektirten Strahlen, welche direkt durch den zweiten Keil hindurchgegangen sind, mit denjenigen Strahlen zur Interferenz, welche den ersten Keil ohne Reflexion passirt, aber an den Flächen des zweiten Keils eine doppelte Reflexion erfahren haben. Nach einer weiteren Verschiebung des ersten Keils um n Skalentheile wird nun an der beobachteten Stelle abermals ein heller Interferenzstreifen auftreten; dann ist die Dicke der Luftschicht des ersten Keils an dieser Stelle $= 2x$. Beobachtet man nun den ersten Keil allein im monochromatischen Lichte von der Wellenlänge λ und findet, dass auf der Länge von n Skalentheilen p Streifen liegen, so ist, wie leicht ersichtlich, die gesuchte Dicke $x = \frac{p\lambda}{2}$. Somit lässt sich also die Keildicke für jeden Theilstrich ermitteln.

Um nun auch die Dicke einer von planparallelen, schwach versilberten Glasplatten begrenzten Luftschicht zu messen, setzt man vor dieselbe einen Normalkeil, dessen Konstanten bekannt sind, beleuchtet wieder mit weissem Lichte und verschiebt den Keil so lange, bis an irgend einem Theilstriche a des Keils der oben beschriebene weisse Interferenzstreifen erscheint; die Platte hat dann die gleiche Dicke wie der Keil beim Theilstriche a.

Die Verf. scheinen sich auf die Messung von dünnen Luftplatten beschränkt zu haben; es steht aber offenbar nichts im Wege, die Methode auch auf die Messung von dünnen planparallelen Platten anderer Substanzen anzuwenden, deren Brechungsexponent für die betreffende Wellenlänge bekannt ist. *Glch.*

Ueber ein absolutes Elektrometer zur Messung kleiner Potentialdifferenzen.

Von A. Pérot und Ch. Fabry. *Compt. rend.* ***124.*** *S. 180. 1897.*

Mit dem absoluten Elektrometer von Lord Kelvin erhält man eine Potentialdifferenz in absolutem Maasse bekanntlich dadurch, dass man die Anziehung zweier auf das betreffende Potential geladener Scheiben in absoluten Krafteinheiten misst. Man kann aber mit den bisherigen Konstruktionen nur Potentialdifferenzen messen, die einige Hundert *Volt* übersteigen.

Um das Instrument auch zur Messung ganz kleiner Potentialdifferenzen nutzbar zu machen, verringern Pérot und Fabry den Abstand der beiden Scheiben auf wenige Zehntel Millimeter.

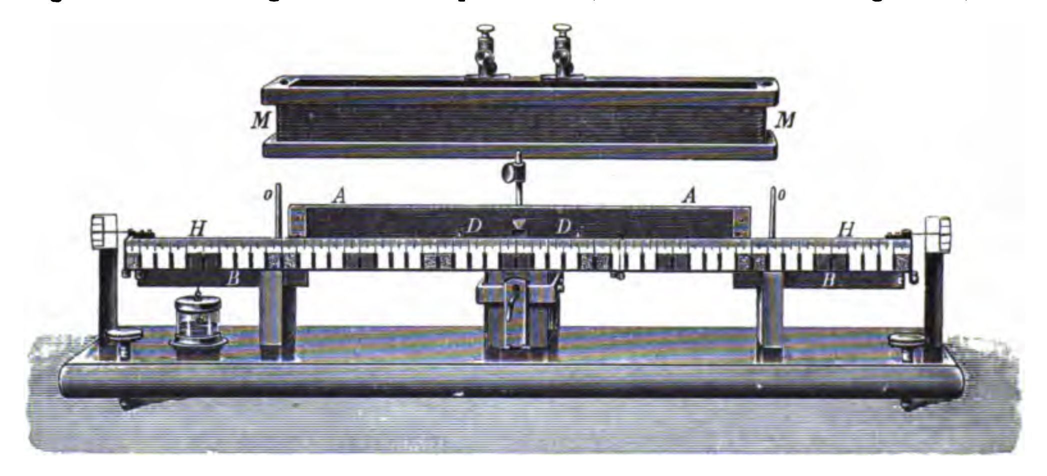
Der Apparat besteht aus einem kleinen, sehr sorgfältig gearbeiteten Zylinder aus Glas von 1 *cm* Höhe. Die obere Endfläche hat einen Durchmesser von 5,95 *cm*, ist vollständig eben, hat scharfe Ränder und ist schwach versilbert. Dicht über dem Zylinder schwebt von drei Federn getragen eine dünne Glasplatte von 7 *cm* Durchmesser und 2 *mm* Dicke, deren untere Fläche ebenfalls durchaus eben und mit einer schwachen Silberschicht überzogen ist. Diese zwei Silberschichten sind die beiden einander anziehenden Platten; ihre Parallelität erkennt man an den Interferenzstreifen, die man erhält, wenn monochromatisches Licht auf die Platten fällt. Um die Störungen durch mechanische Erschütterungen zu beseitigen, ist der Apparat an 3 Kautschukschläuchen aufgehängt.

Eine Anziehung der beiden Silberschichten erkennt man durch eine Verschiebung der Interferenzstreifen; die Grösse der anziehenden Kraft kann auch hier direkt durch Gewichte (0,05 *g* bis 0,10 *g*) gemessen werden. Die Verfasser messen auf diese Weise die elektromotorische Kraft eines Clark-Elementes in absoluten elektrostatischen Einheiten. Durch Division in den bekannten Werth in elektromagnetischen Einheiten erhalten sie für die kritische Geschwindigkeit $2{,}9989 \cdot 10^{10}$ *cm/sek.* *E. O.*

Waagegalvanometer.

Von Fr. C. G. Müller. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***10.*** *S. 5. 1897.*

Herr Müller hat dieses Galvanometer, wie es von dem Präzisionsmechaniker O. Wanke in Osnabrück mit der Genauigkeit und dem Zubehör einer feinen Waage ausgeführt war, in *dieser Zeitschr.* ***4.*** *S. 119. 1884* beschrieben. Er hat nun ein ähnliches Instrument mit der einfacheren Ausstattung einer Tarirwaage für den halben Preis herstellen lassen. Die Abbildung stellt es mit hochgehobenem Multiplikator dar, der auf die Dorne *oo* gesteckt, beim



Gebrauch den auf einer Schneide schwingenden Magnetstab *AA* umschliesst. Die Schneide liegt in einer V-förmigen Stahlpfanne zwischen Gegenplättchen. Zur Schonung der Schneide ist eine einfache Arretirung vorgesehen, deren Gabeln bei *DD* sichtbar werden. Der schwarzlackirte Magnet (30 × 2,5 × 1 *cm*) ist durch die abwärts gebogenen Messingarme *BB* mit dem Reiterlineal *HH* starr verbunden, das aus Aluminiumblech besteht und 50 *cm* lang ist. Das Lineal hat am oberen Rande eine feine Millimetertheilung für wissenschaftlichen Gebrauch und darunter für Fernbeobachtung eine grobe Zentimetertheilung, deren Pentaden roth, weiss, grün, weiss u. s. w. gefärbt sind. Auch auf der hinteren Seite hat das Lineal eine gleiche Grobtheilung; ebenso sind auch Nulllagemarken hinter den Ständern angebracht. Das Reiterlineal ist an seinen Enden rechtwinklig nach hinten gebogen; die so gebildeten zweckmässig versteiften Stege sind auf die äusseren Endflächen der Arme *BB* geschraubt. Die Stege sind oben zu Schneiden zugeschärft, die genau dem Anfang und Ende der Lineal-

theilung entsprechen. Die Rahmen mit den stromleitenden Windungen sind von dem übrigen Apparat ganz unabhängig und können sofort abgehoben, wieder eingelegt oder ausgewechselt werden. Der am meisten gebrauchte Rahmen enthält 10 Windungen eines 2 *mm* starken Kupferdrahts von 0,02 *Ohm* Widerstand. Zu ihm gehören 8 Ampèrereiter von 2,59 *g* Masse; sie haben ein aus 0,5 *mm*-Blech geschnittenes Joch und Messingklötzchen unten an den Schenkeln. Die geschwärzten Schenkel heben sich so scharf auf dem hellen Aluminium ab, dass die Schüler noch 0,01 *Ampère* ablesen. Eine Reiter-Verschiebung von 10 *cm* entspricht 1 *A*, eine Lineallänge also 5 *A*. Soll das Instrument zur Messung von Strömen über 20 *A* verwandt werden, so wird der Starkstromrahmen benutzt, der aus einem 2 *mm* starken Kupferstreifen besteht, dessen Windungsweite der Drahtlage auf dem Hauptrahmen entspricht. Die Ampèrereiter haben dann den 10-fachen Werth und das Galvanometer vermag Ströme bis 200 *A* direkt bis auf 0,1 *A* genau zu messen. Ausser dem Ampèrerahmen erhält das Galvanometer noch einen Voltrahmen mit 1000 Windungen 0,25 *mm*-Drahts von etwa 325 *Ohm* Widerstand. Die Ampèrereiter, die dann Milliampère für das Zentimeter anzeigen, sind bei 1 *Volt* Klemmenspannung um 2,5 *cm* zu verschieben. Der Bequemlichkeit halber sind aber noch Voltreiter von 0,625 *g*, sowie Voltreiter von 6,25 *g* beigefügt. Die Dämpfung geschieht durch die links sichtbare, an einem feinen Draht hängende und in Glyzerin tauchende kleine Metallscheibe. Zum Ausbalanciren dient eine in der Zeichnung durch das Lineal verdeckte Schraube auf der rechten Seite. Die Grossherzogl. Sächsische Fachschule und Lehrwerkstätte für Glasbläserei und Instrumentenbau zu Ilmenau hat die Ausführung des neuen Waagegalvanometers übernommen (D. R. G. M.). Das vollständige Instrument mit Ampèrerahmen von 10 und Voltrahmen von 1000 Windungen nebst exakt justirten Ampère- und Voltreitern kostet 120 M. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher.

Spezialkatalog über freischwebende Präzisions-Pantographen und über Instrumente zur mechanischen Integration. Von G. Coradi in Zürich. 1896.

Der durch seine unermüdliche Arbeit an Planimetern und Integratoren überhaupt bekannte Mechaniker fertigt jetzt ausser dem Abdank'schen Integraphen auch die Integratoren nach Prof. Hele Shaw (Liverpool) an, die durch einmalige Umfahrung einer Figur deren Fläche, statisches und Trägheitsmoment (auf beliebige Achse bezogen) liefern. Die Führung des ganzen Instruments ist in derselben Art wie beim Rollplanimeter angeordnet (Welle mit genau gleichen geriffelten Rollen an den Enden); ist α der Winkel, den die Fahrstange von der Länge l mit der x-Achse (senkrecht zu der Rollenwelle) einschliesst, so sind die Umdrehungszahlen der „Flächenrolle" proportional $x \,.\, l \sin\alpha$, die der „statischen Momentenrolle" proportional $x \,.\, l \sin^2\alpha$ und die der „Trägheitsmomentenrolle" proportional $x \,.\, l \sin^3\alpha$. Die Fahrstange gestattet dabei Winkelbewegungen bis $\alpha = 35^0$ links und rechts von der x-Achse; ihre Länge kann zwischen 20 und 50 *cm* gewählt werden, während die Erstreckung der Figur in der Richtung normal zur Rollenwelle wie bei allen diesen Rollenapparaten ganz beliebig gross sein kann (Preis 975 Fr.). Ein anderer einfacherer Integrator, den Coradi selbst konstruirt hat, liefert durch *eine* Umfahrung entweder Fläche und statisches Moment oder statisches Moment und Trägheitsmoment (Preis 475 Fr.); ein noch weiter vereinfachtes Instrument ist nur für den einen dieser beiden Fälle, Fläche und statisches Moment, eingerichtet (Preis 375 Fr.). Auch harmonische Analysatoren werden jetzt von Coradi auf Anregung von Prof. Henrici (London) konstruirt (Preis 625 bis 1500 Fr.). Ferner wird hier der Rollen-Koordinatograph zur Herstellung genauester Netze rechtwinkliger Koordinaten (Maassstäbe 1 : 1000 oder 1 : 1500 oder zwei beliebige andere angegebene Maassstäbe) für Kartirungen der Feld- und Landmessung oder geographischen Kartographie beschrieben und abgebildet, endlich die bekannten Hängepantographen und die Planimeter, unter denen auf Lang-Coradi's Kompensationsplanimeter (Preis 60 bis 90 Fr.) nochmals hingewiesen sei. *Hammer.*

H. von Helmholtz, Handbuch der Physiologischen Optik. Zweite umgearbeitete Auflage. 11. bis 17. Lieferung. (Schluss des Werkes.) Hamburg und Leipzig, L. Voss.

Mit den obigen Lieferungen liegt die zweite Auflage des berühmten Werkes nunmehr vollendet vor. Helmholtz selbst hat nur das Erscheinen der 8. Lieferung noch erlebt. Die späteren Lieferungen sollten sich aber seiner Absicht nach von den entsprechenden Theilen der ersten Auflage nicht wesentlich unterscheiden. Dieser Absicht entsprechend hat denn auch Prof. Arthur König das Werk zu Ende geführt. Von ihm ist die ausserordentlich eingehende Uebersicht über die gesammte physiologisch-optische Literatur bis zum Schlusse des Jahres 1894 (über 7800 einzelne Arbeiten) zusammengestellt. *Lck.*

G. Lunge, Tabellen für Gasanalysen, gasvolumetrische Analysen, Stickstoffbestimmungen etc. 2 Blatt. Imp.-Fol. 1897. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. In Umschlag gefalzt 2,00 M.

Die vorliegende neue Ausgabe der Lunge'schen Tabellen für Reduktion von Gasen auf Normal-Druck und Temperatur kommt einem dringenden Bedürfnisse aller chemischen Laboratorien entgegen, in denen Gasanalysen und gasvolumetrische Bestimmungen ausgeführt werden. Die Tabellen, in einer für Wandtafeln bestimmten Gestalt, sind in deutlichem und sauberem Drucke ausgeführt und enthalten als wichtige Beigabe eine Anzahl von besonders häufig vorkommenden Reduktionsfaktoren der Gasablesungen auf die gesuchten Gewichte. *Fk.*

S. Gundelfinger, Tafeln zur Berechnung der reellen Wurzeln sämmtlicher trigonometrischer Gleichungen. Hinzugefügt sind 4-stellige Additions-, Subtraktions- und Brigg'sche Logarithmen, sowie eine Interpolationstafel f. alle Differenzen unter Hundert. gr. 4°. IV, 15 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1,40 M.

Arbeiten, Die astronomisch-geodätischen, des k. u. k. militär-geograph. Institutes in Wien. (Publikationen f. d. internationale Erdmessg.) VIII. Bd. Das Präzisions-Nivellement in der österreichisch-ungar. Monarchie. II. Westlicher Theil. Hrsg. vom k. u. k. militär-geograph. Institute. gr. 4°. IX, 357 S. m. 1 Karte. Wien, R. Lechner's Sort. 16,00 M.

H. v. Helmholtz, Vorlesungen üb. theoretische Physik. Hrsg. v. A. König, O. Krigar-Menzel, C. Runge. V. Bd. Vorlesungen über d. elektromagnet. Theorie des Lichtes. Hrsg. v. A. König u. C. Runge. Lex.-8°. XII, 370 S. m. 54 Fig. Hamburg, L. Voss. 14,00 M.

C. Heim, Die Akkumulatoren f. stationäre elektrische Anlagen. 2. Aufl. gr. 8°. VI, 138 S. m. 83 Abbildgn. Leipzig, O. Leiner. 3,00 M., geb. in Leinw. 4,00 M.

A. H. Bucherer, Grundzüge e. thermodynamischen Theorie elektrochemischer Kräfte. gr. 8°. VI, 144 S. Freiberg, Craz & Gerlach. 4,00 M.

L. Kiepert, Grundriss der Differential- und Integral-Rechnung. II. Thl. Integralrechnung. 6. Aufl. d. gleichnam. Leitfadens v. weil. Dr. Max Stegemann. gr. 8°. XVIII, 599 S. m. 139 Fig. Hannover, Helwing. 11,50 M.

— Tabelle der wichtigsten Formeln aus der Integral-Rechnung. (Aus: K.'s „Grundriss d. Integral-Rechng., 6. Aufl.") gr. 8°. 38 S. Ebenda. 0,50 M.

G. Kirchhoff, Vorlesungen üb. mathematische Physik. 1. Bd. Mechanik. 4. Aufl. Hrsg. v. Prof. Doc. Dr. W. Wien. gr. 8°. X, 464 S. m. 18 Fig. Leipzig, B. G. Teubner. 13,00 M.

Notiz.

In der Abhandlung von K. Strehl, „Ueber die Farbenabweichung der Fernrohrobjektive und des Auges" in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 77. 1897* lies auf *S. 78 Z. 3 v. u.* 51,7 % statt 75,9 %.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

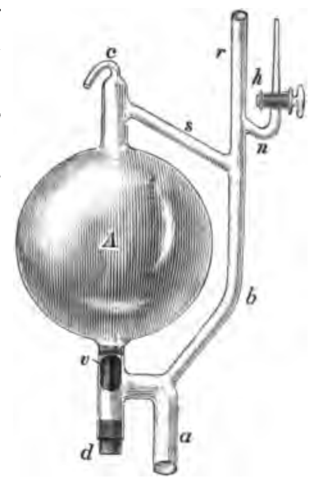
XVII. Jahrgang. **Mai 1897.** Fünftes Heft.

Aenderung an Quecksilberkolbenluftpumpen[1]).

Von
Prof. Dr. **F. Neesen.**

An der in *Wied. Ann. 58. S. 415. 1896* beschriebenen Ventilvorrichtung ist für den Verfertiger die Unbequemlichkeit vorhanden, dass das Ventil eingestellt werden muss. Durch die Verlegung des Ventiles an eine andere Stelle fällt dieser Umstand weg und werden gleichzeitig andere Vortheile gewonnen.

Das Quecksilbergefäss *A* (vgl. die Fig.) steht durch *a* in Verbindung mit dem Reservoir, aus welchem es gefüllt wird, und durch die bekannte Kapillare *c* mit der Saugpumpe oder der atmosphärischen Luft. In *a* ist ein Rückschlagventil *v* angeordnet; ferner geht von *a* eine Rohrverbindung *b* zum auszupumpenden Rezipienten. Rohr *s* zweigt von *b* ab und führt nach dem oberen Theil des Gefässes *A*.



Steigt nun das Quecksilber in *a* in die Höhe, so schliesst sich durch Auftrieb das Ventil *v*. Das Quecksilber geht daher nach *b*, schliesst das zum Rezipienten führende Rohr *r* ab und geht durch *s* nach *A* über, fällt also von *oben* in *A* hinein, während bei allen bisherigen Ausführungen das Quecksilber von *unten* in *A* aufsteigt. Die Luft wird wie sonst durch das Quecksilber nach *c* und von da weiter getrieben. Beim Zurückfallen des Quecksilbers von *A* nach *a* öffnet sich Ventil *v* und lässt das Quecksilber austreten. Hierbei entleert sich auch Rohr *b*, sodass die Verbindung von *A* mit dem Rezipienten *während der ganzen Dauer* des Herunterfallens des Quecksilbers hergestellt ist. Der grosse Vortheil, welchen der letzterwähnte Umstand mit sich bringt, ist schon früher hervorgehoben worden. Die Luft braucht bei vorgeschrittener Verdünnung eine erhebliche Zeit, um aus den entfernteren Theilen des Rezipienten zum Gefäss *A* zu gelangen, sodass es von erheblichem Nutzen ist, dass hier *A* lange mit dem Rezipienten in offener Verbindung steht.

Ein weiterer Gewinn ergiebt sich daraus, dass nicht mehr wie früher die ganze in *A* befindliche Quecksilbermenge in Aufwärtsbewegung begriffen ist. Bisher war das stets der Fall; es brachte dies den Uebelstand mit sich, dass beim Anschlagen dieser grossen Quecksilbermenge gegen die Kapillare *c* oder den an Stelle derselben befindlichen Hahn sehr leicht ein Zerspringen der Pumpe erfolgt. Diese Gefahr fällt

[1]) Vorgetragen in der Physikalischen Gesellschaft in Berlin am 19. 3. 1897.

bei der neuen Einrichtung ganz weg, sodass man das Quecksilber bis zum letzten Augenblicke mit gleicher Geschwindigkeit aufsteigen lassen kann. Ich ziehe vor, die Geschwindigkeit nicht zu gross zu nehmen, weil sich sonst leicht Luftblasen an den Wänden von *A* festsetzen. Bei meiner selbstthätigen Pumpe ist an dem Reservoir, aus welchem das Quecksilber nach *A* übersteigt, ein Hahn bei der Verbindungsstelle mit der äusseren Luft angebracht, durch dessen Stellung der Zufluss der Luft gehemmt und so das Aufsteigen des Quecksilbers verlangsamt werden kann.

Einen dritten Vortheil bietet die Einrichtung darin, dass man mit derselben nach Belieben die angesaugte Luft aus *A* wieder in den Rezipienten zurücktreten lassen kann. Es war das bisher der einzige Vorzug der alten Hahnluftpumpen vor den sonst überlegenen Pumpen mit der Kapillaren *c*.

Hat man zum Beispiel meine selbstthätige Pumpe mit Hahnsteuerung und hat zu viel Luft aus dem Rezipienten nach *A* übergehen lassen, so wird der Steuerungshahn an dem Quecksilberreservoir, welcher die abwechselnde Verbindung des letzteren mit einer Saugpumpe oder der äusseren Luft besorgt, mit der Hand umgelegt, sodass äussere Luft zutritt und das Quecksilber unter Abschluss von *r* nach *A* überfällt. Ist die Luft in *A* hinreichend zusammengedrückt, so schlägt man den Hahn wieder um, das Rohr *b* entleert sich rasch, wodurch die Verbindung zwischen *A* und dem Rezipienten hergestellt wird. Nach Eintritt des gewünschten Verdünnungsgrades schlägt man den Hahn abermals um, worauf *r* durch das ansteigende Quecksilber abgeschlossen wird.

Durch das Ventil *v*, das von grossem Querschnitt genommen werden kann, da es ja nicht ganz dicht zu schliessen braucht, fliesst das Quecksilber ebenso rasch wie sonst ab. Es kommt dem Ueberdruck von oben der Umstand zu Hülfe, dass in *b* das Quecksilber rascher wie in *A* sinkt, sodass es unter den Ventilkörper *v* weggesogen wird, also der Auftrieb zum Theil aufhört.

Um *v* vorkommenden Falles reinigen zu können, ist *v* in einem unten offenen, durch Gummistöpsel *d* zu verschliessenden Seitenrohr zu *a* angeordnet.

Die Figur zeigt schliesslich noch einen kleinen Hahn *h* am Rohre *r*, welcher in einem mit einer wenige Millimeter tiefen Bohrung versehenen Kapillarrohr *n* sitzt. Das offene Ende dieses Rohres ist in eine feine Spitze ausgezogen. Dieser Theil hat den Zweck, nach Bedürfniss kleine Luftmengen einzulassen.

Beim Spiel der Pumpe füllt sich die Kapillare *n* bis auf eine kleine Luftblase mit Quecksilber. Soll nun etwas Luft eintreten, so wird der Hahn *h* langsam geöffnet. Luft tritt ein, drückt das Quecksilber aus *n* heraus und geht in den Rezipienten über. Da die eintretende Luft nur eine Spannung von wenigen Millimeter besitzt, so hat man es in der Hand, durch rechtzeitiges Schliessen des Hahnes nur sehr kleine Luftmengen eintreten zu lassen. Anbringung eines zweiten Hahnes, wie bei der alten Geissler'schen Hahnluftpumpe, könnte die Einrichtung noch empfindlicher machen.

Die beschriebene Anordnung lässt sich nachträglich an allen Quecksilberpumpen, welche auf dem Kolbenprinzip beruhen, anbringen[1]).

[1]) Angefertigt werden Pumpen mit der beschriebenen (durch D.R.G.M. Nr. 70126 geschützten) Einrichtung von Hrn. Niehls, Berlin N., Schönhauser-Allee 168.

Ueber die Empfindlichkeit der Thermometer in Flüssigkeiten.

Von

Dr. J. Hartmann in Potsdam.

Gleichzeitig mit den in *dieser Zeitschr.* ***17.*** *S. 14. 1897* besprochenen Experimenten hatte ich auch eine grosse Anzahl Versuche über die Empfindlichkeit der Thermometer in verschiedenen Flüssigkeiten ausgeführt in der Absicht, auf diesem Wege zu einer einfachen Bestimmung der spezifischen Wärme der Flüssigkeiten zu gelangen. Die Veröffentlichung dieser Beobachtungen unterblieb, weil sie nicht zu dem erstrebten Ziele geführt hatten. Erst kürzlich erfuhr ich, dass Hr. Thiesen (Vergleichungen von Quecksilberthermometern. *Metronomische Beiträge Nr. 3*) Versuche auf dem gleichen Gebiete ausgeführt hat. Die Ergebnisse, zu denen Hr. Thiesen gelangte, wichen von den meinigen jedoch so erheblich ab, dass ich nochmals eine Anzahl von Messungsreihen unternahm, welche meine früheren Resultate vollkommen bestätigten.

Hr. Thiesen wollte den Fehler ermitteln, welcher bei der Vergleichung von Thermometern im Wasserbade dadurch entstehen kann, dass die einzelnen Instrumente den Schwankungen der Wassertemperatur mit verschiedener Schnelligkeit folgen. Ausgehend von dem Newton'schen Abkühlungsgesetze, dessen Konstante (in meinem früheren Aufsatze γ, bei Thiesen λ) er als Empfindlichkeitskonstante des Thermometers bezeichnete, suchte er experimentell den Betrag der anzubringenden Korrektionen zu ermitteln, gelangte jedoch zu dem Resultate, dass der Gang seiner Thermometer nicht durch das Abkühlungsgesetz darstellbar sei. Von einer scharfen Definition der Empfindlichkeit, wie ich sie in meiner früheren Abhandlung über das Verhalten der Thermometer in Luft gegeben habe, konnte deshalb keine Rede sein, und Hr. Thiesen verzichtete aus diesem Grunde auf die Ableitung einer Korrektion aus seinen Messungen[1]). Da im Gegensatz hierzu aus meinen Beobachtungen unzweifelhaft hervorgeht, dass auch in Flüssigkeiten die Temperaturänderungen der Thermometer fast vollkommen streng dem Abkühlungsgesetze entsprechen, so erlaube ich mir, hier einen Bericht über meine Messungen zu geben.

Zur Bestimmung der Empfindlichkeit der Thermometer in Flüssigkeiten konnte das bei den Messungen in der Luft angewandte Verfahren, Ablesungen in gleichen Zeitintervallen auszuführen, nicht benutzt werden, da hier die Bewegung des Quecksilberfadens viel zu schnell war. Es wurden daher die Durchgangszeiten der Quecksilberkuppe durch die einzelnen Gradstriche elektrisch registrirt. Doch auch so boten die Messungen noch ganz erhebliche Schwierigkeiten dar. Es war nämlich vorauszusehen, dass ein ruhig in einer Flüssigkeit von anderer Temperatur gehaltenes Thermometer dem Abkühlungsgesetze *nicht* folgen würde. Denn bringt man z. B. ein wärmeres Thermometer in ein kälteres Bad, so bildet sich nach und nach um seine Kugel herum eine Hülle von erwärmter Flüssigkeit, die verhältnissmässig langsam

[1]) Thiesen's theoretische Betrachtungen wurden später von Dr. Guillaume in seinen *„Traité de la Thermométrie"* aufgenommen. In einem an die Redaktion dieser Zeitschrift gerichteten Briefe erwähnt Hr. Guillaume ausserdem noch eigene Beobachtungen, die er in einer Sitzung der Physikalischen Gesellschaft (Paris?) am 16. Januar 1891 zur Sprache gebracht hat. Zu meinem Bedauern habe ich trotz aller Bemühungen keinen gedruckten Bericht hierüber ausfindig machen können. Ueber die Empfindlichkeit von Thermometern in Luft wurden Messungen ausgeführt von Hrn. Assmann (*Abhandl. des Kgl. Preuss. Meteorolog. Instituts* ***1.*** *S. 194*) und von Hrn. Buchanan (*On Rapid Variations of Atmospheric Temperature, especially during Föhn*). Näheres über Assmann's Beobachtungen ist in der *Meteorolog. Zeitschr.* ***14.*** *S. 49. 1897* mitgetheilt. Buchanan benutzte die von Leslie gegebenen Formeln, um aus der Zeit, welche ein Thermometer zu einer Standänderung von 1° gebraucht, die Geschwindigkeit der umgebenden Luft zu berechnen.

durch Strömung und Leitung die Wärme weitergiebt. In Folge hiervon wird sich nun das Thermometer langsamer abkühlen, als es der Temperatur des Bades entspricht, d. h. die Abkühlungskonstante wird sich kleiner ergeben als zu Anfang. Ein analoger Vorgang tritt ein, wenn die Anfangstemperatur des Thermometers niedriger ist, als die des Bades. Die Wirkung einer ungenügenden Bewegung des Thermometers in der Flüssigkeit wird demnach sein, dass die Empfindlichkeit des Instrumentes im Verlaufe jeder Beobachtungsreihe immer kleiner wird und sich aus der ganzen Reihe überhaupt zu klein ergiebt. Durch einige Versuche, von denen weiter unten ein Beispiel mitgetheilt wird, wurde dies vollkommen bestätigt. Die Messungen wurden daher zunächst in der Weise angestellt, dass das Thermometer während der Beobachtungen in einer grösseren Flüssigkeitsmenge schnell herumbewegt wurde. Da dieses Verfahren jedoch die scharfe Beobachtung der Quecksilberkuppe noch mehr erschwerte, so wurde später das Thermometer ruhig gehalten und dafür die Flüssigkeit in kräftige Bewegung versetzt.

Bei der veränderten Beobachtungsweise wurde auch die Rechnung etwas anders angeordnet. Nimmt man in Gleichung (6) (*diese Zeitschr. 17. S. 15. 1897*) die Brigg'schen Logarithmen, so folgt, wenn M die Zahl 0,43429 . . bezeichnet,

$$\log(A - W) = \log(A_0 - W) + M\gamma t.$$

Je zwei beliebige Beobachtungen ergeben dann die für die Zwischenzeit gültige Abkühlungskonstante γ nach der Gleichung

$$M\gamma = \frac{\log(A_2 - W) - \log(A_1 - W)}{t_2 - t_1} = g.$$

Da schon das Produkt $M\gamma$ ein Maass für die Empfindlichkeit ist, so habe ich im Folgenden nur diese kurz mit g bezeichnete Grösse berechnet.

Die Dimensionen der von mir benutzten Thermometer sind aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen:

Nr. 1. Kugel 11 *mm* Durchm., $1^0 = 5$ *mm*, getheilt in 0,2°, Querschnitt der Kapillaren etwa 0,025 *mm*².

Nr. 21. Kugel 7,5 *mm* Durchm., $1^0 = 3{,}1$ *mm*, getheilt in 0,2°, Querschnitt der Kapillaren etwa 0,013 *mm*².

Nr. 24. Zylindrisches Gefäss 17 *mm* Durchm., 40 *mm* lang, $1^0 = 11$ *mm*, getheilt in 0,1°, Querschnitt der Kapillaren etwa 0,13 *mm*².

Nr. 83. Zylindrisches Gefäss 6 *mm* Durchm., 15 *mm* lang, $1^0 = 5{,}5$ *mm*, getheilt in 0,1°, Querschnitt der Kapillaren etwa 0,012 *mm*².

Um zugleich die Berechnungsweise zu zeigen, gebe ich die folgende Beobachtungsreihe vollständig wieder.

Nr. 24 in Wasser von 8°,88 ruhig gehalten.

A	t	$A - W$	$\log(A - W)$	$d\log$	dt	g
°	Sek.	°			Sek.	
20	0,52	11,12	1,0461			
19	1,77	10,12	1,0052	− 0,0409	1,25	− 0,033
18	3,39	9,12	0,9600	452	1,62	28
17	5,55	8,12	0,9096	504	2,16	23
16	8,60	7,12	0,8525	571	3,05	19
15	12,38	6,12	0,7868	657	3,78	17
14	17,49	5,12	0,7093	775	5,11	15
13	23,96	4,12	0,6149	944	6,47	14
12	33,80	3,12	0,4942	1207	9,84	12
11	49,06	2,12	0,3263	1679	15,26	11
10	76,28	1,12	0,0492	2771	27,22	10

Man sieht hier, dass bei ruhig gehaltenem Thermometer g keine Konstante ist, sondern fortwährend kleiner wird. Selbst der erste hier beobachtete Werth 0,033 ist schon erheblich zu klein, da für dieses Thermometer etwa $g = 0{,}055$ ist[1]). Eine Mittelbildung aus obigen Werthen von g wäre nicht einmal als eine rohe Annäherung zu betrachten.

Ganz derselbe Vorgang zeigt sich nun in allen Beobachtungsreihen Thiesen's. Als Beispiel führe ich seine beiden ersten, auf das Thermometer Nr. 101 bezüglichen Messungsreihen an.

Nr. 101 in Wasser von 0°,4.

A	t	g
°	Sek.	
6	3,46	
5	6,63	0,027
4	10,66	26
3	15,19	31
2	23,62	25
1,5	30,49	24
1	41,46	24
0,8	49,40	22
0,7	55,27	21
0,6	63,13	22
0,5	77,25	21

Nr. 101 in Wasser von 35°,5.

A	t	g
°	Sek.	
32	2,74	
33	5,48	0,053
34	9,63	54
34,5	13,71	43
35	20,74	43
35,2	26,20	41
35,4	40,60	33

Bei mehreren anderen Reihen ist der Gang noch viel stärker ausgesprochen. Es dürfte sehr gewagt erscheinen, aus obigen g einen Mittelwerth abzuleiten. Hr. Thiesen erkannte diese Schwierigkeit vollständig und entnahm, „um wenigstens genäherte Werthe zu gewinnen", einer graphischen Darstellung für obige beiden Reihen die Werthe $1/\gamma = 18{,}7$ bezw. $1/\gamma = 10{,}3$, woraus $g = 0{,}0232$ bezw. 0,0422 folgt. Diese beiden Zahlen stellen nun allerdings die durchschnittliche Empfindlichkeit des Thermometers während dieser speziellen Beobachtungsreihen dar, sind aber von so vielen Nebenumständen beeinflusst, dass man sie unmöglich als charakteristische Eigenschaften des Instrumentes betrachten kann. Es leuchtet das noch besser ein, wenn ich erwähne, dass für das Thermometer Nr. 83, welches dem obigen ziemlich ähnlich ist, g etwa den Werth 0,15 hat. In der Nähe dieser Zahlen liegt, wie sich weiter unten noch ergeben wird, überhaupt der Werth von g für die meisten Thermometer von mittleren Dimensionen. Selbst für das äusserst unempfindliche Bodenthermometer Nr. 24 ist noch $g = 0{,}055$, während für die von Thiesen untersuchten Normalthermometer g zwischen 0,064 (Nr. 11 fallend) und 0,0037 (E fallend) liegen soll.

Es unterliegt hiernach keinem Zweifel, dass die von Hrn. Thiesen gefundenen Zahlen nicht Eigenthümlichkeiten der betreffenden Instrumente, sondern nur der Ausdruck rein zufälliger und sonst gänzlich unbekannter thermischer Vorgänge in den Wasserbädern sind, sodass jede Wiederholung des Versuches zu ganz anderen Werthen führen konnte, was sich gewiss auch ergeben hätte, wenn für jedes Thermometer nicht nur eine Beobachtungsreihe bei fallendem und eine bei steigendem Quecksilberfaden ausgeführt worden wäre. Da nun zufälliger Weise die erheblichen zwischen diesen beiden Reihen gefundenen Unterschiede für die Mehrzahl der untersuchten Instrumente das gleiche Vorzeichen hatten (Fallen findet langsamer statt als Steigen), so führte das zu der Annahme, dass dieses zu langsame Fallen eine allgemeine Eigen-

[1]) Die Zahlen g und γ sind stets negativ, da sie Logarithmen des echten Bruches $1 - E$ sind. Im Folgenden kommt es nur auf die absoluten Werthe an, weshalb ich das Vorzeichen fortlasse.

schaft der Thermometer sei. Auch die von Hrn. Thiesen hierfür gegebene Erklärung scheint mir nicht stichhaltig zu sein. Falls nämlich, wie Hr. Thiesen meint, bei sehr rascher Abkühlung des Thermometergefässes die Kapillarkräfte und die Schwerkraft zusammen nicht ausreichen sollten, den Quecksilberfaden mit der nöthigen Geschwindigkeit durch das enge Rohr zu befördern, so wird derselbe einfach nahe am Gefässe zerreissen, worauf der Faden seine eigene, von der Abkühlung ganz unabhängige Geschwindigkeit annimmt. Ich hatte bei meinen Versuchen mit Thermometer Nr. 83 einige Male Gelegenheit, einen solchen Vorgang zu beobachten. Nach Hrn. Thiesen's Darstellung müsste man dagegen annehmen, dass sich die Quecksilbersäule unter dem Einflusse der Reibung in der Kapillaren wie ein Gummifaden ausdehnte.

Um zu zeigen, wie genau bei hinreichender Bewegung der Flüssigkeit der Gang des Thermometers dem Abkühlungsgesetze folgt, wird die Mittheilung der beiden folgenden Reihen genügen.

Thermometer steigend.
Nr. 24 in Wasser von 19°,37.

A	t	g	$B-R$
°	Sek.		Sek.
11,03	0,46		+ 0,08
12,03	1,58	0,050	+ 18
13,03	2,62	61	+ 7
14,03	4,03	53	+ 11
14,53	4,83	53	+ 13
15,03	5,61	56	+ 5
15,53	6,46	63	— 6
16,02	7,54	55	— 8
16,52	8,78	57	— 12
17,02	10,40	52	— 3
17,52	11,95	67	— 38
18,01	14,68	49	— 10
18,50	18,30	54	— 2
18,60	19,20	59	— 9
18,70	20,30	55	— 9
18,80	21,62	53	— 6
18,90	23,22	52	+ 1
19,00	25,10	55	— 1
19,10	27,73	52	+ 12
19,20	31,50	54	+ 21
19,30	38,18	58	— 15

$g = 0{,}05470$

$\log A_0 - W = 0{,}9417$

Thermometer fallend.
Nr. 24 in Wasser von 5°,81.

A	t	g	$B-R$
°	Sek.		Sek.
16,02	0,26		— 0,17
15,03	1,22	0,046	— 3
14,03	2,17	52	0
13,03	3,23	53	+ 2
12,03	4,42	54	+ 2
11,53	5,14	50	+ 7
11,03	5,80	59	— 1
10,53	6,67	50	+ 6
10,03	7,48	59	— 3
9,54	8,49	53	— 1
9,05	9,79	47	+ 15
8,56	10,98	60	+ 4
8,07	12,39	61	— 12
7,58	14,40	53	— 8
7,48	14,99	42	+ 5
7,39	15,49	53	+ 9
7,29	15,98	57	+ 7
7,20	16,49	59	+ 7
7,10	17,01	62	0
7,01	17,60	59	+ 1
6,91	18,37	49	+ 8
6,81	19,11	56	+ 6
6,71	19,82	65	— 8
6,61	20,86	49	+ 2
6,51	21,86	58	— 5
6,41	23,19	50	+ 4
6,31	24,52	59	— 9
6,21	26,26	56	— 13
6,11	28,62	53	— 8

$g = 0{,}05418$

$\log A_0 - W = 1{,}0323$

Die hundertstel Grade unter A sind durch Anbringung der Kaliberkorrektion entstanden. Da die einzelnen Werthe von g aus dem Verhalten des Thermometers während sehr kurzer Zeiträume (hier von 0,49 Sek. an) berechnet sind, so sind sie

naturgemäss sehr unsicher, zeigen jedoch durchaus keinen regelmässigen Gang. Noch deutlicher erkennt man die genaue Befolgung des Abkühlungsgesetzes, wenn man aus den am Fusse obiger Reihen angegebenen, nach der Cauchy'schen Methode berechneten Zahlen die einzelnen Beobachtungszeiten ableitet. Es bleiben dann die in der letzten Kolumne aufgeführten Fehler übrig. Obwohl diese Zahlen den Betrag der bei derartig eiligen Beobachtungen zu erwartenden Fehler nicht überschreiten, so zeigen sie doch ein so regelmässiges Verhalten, dass hierüber noch einige Worte gesagt werden müssen. In allen Beobachtungsreihen unterliegen die Werthe von *B—R* regelmässigen Schwankungen, sodass stets eine grosse Anzahl gleicher Vorzeichen aufeinander folgen. Häufig liegen zu Anfang und zu Ende der Reihe lauter negative Vorzeichen und in der Mitte positive, doch eben so oft ist es auch umgekehrt. Es wäre nun wohl möglich, diese Vertheilung der Vorzeichen physiologisch zu erklären. Denn soll man sehr schnell hintereinander eine Anzahl Signale geben und führt eines hiervon etwas zu spät aus, so ist es höchst wahrscheinlich, dass auch die folgenden mit einem ähnlichen Fehler behaftet sein werden. Es ist jedoch auch nicht ausgeschlossen, dass sich in diesen Zahlen sehr geringfügige Abweichungen von der strengen Befolgung des Abkühlungsgesetzes verrathen, indem die Formveränderungen des Glases nicht gleichmässig, sondern in wellenförmigen Schwankungen erfolgen. Namentlich müssen auch die grösseren Glasmassen, mit denen die Kugel am Halse des Thermometers befestigt ist, störend einwirken.

Trotz der genannten Fehler geht aus meinen Beobachtungen hervor, dass auch in Flüssigkeiten die Thermometer dem Abkühlungsgesetze äusserst nahe folgen, sodass sich auch hier die Abkühlungskonstante bezw. Empfindlichkeit des Thermometers ziemlich scharf bestimmen lässt. Um einen Ueberblick über die hierbei erreichbare Genauigkeit sowie die bei verschiedenartiger Anordnung der Experimente beobachteten Werthe von g zu geben, theile ich noch die Resultate von einer Anzahl meiner Messungsreihen mit.

	Nr. 1		Nr. 24	
	steigend	fallend	steigend	fallend
Thermometer bewegt in Wasser	0,1117	0,1163 1105	0,0527	0,0526 515
Mittel	0,1117	0,1134	0,0527	0,0520
Thermometer bewegt in Schwefelsäure	0,0640 706	0,0701 674	0,0323 342	0,0346 369
Mittel	0,0673	0,0688	0,0332	0,0358
Thermometer bewegt in Alkohol		0,0701 715		0,0388 365
Mittel		0,0708		0,0376
Thermometer bewegt in Quecksilber	0,1379 1383	0,1444 1443	0,0567 559	0,0589 585
Mittel	0,1381	0,1444	0,0563	0,0587
Thermometer ruhig in stark bewegtem Wasser			0,0558 536 547 579	0,0506 542 558 568
Mittel			0,0555	0,0544

	Nr. 21		Nr. 83	
	steigend	fallend	steigend	fallend
Thermometer bewegt in Wasser	0,1419	0,1541	0,1433	0,1333
	1523	1491	1440	1396
		1542		1434
Mittel	0,1471	0,1525	0,1436	0,1388
Thermometer ruhig in stark bewegtem Wasser			0,1512	0,1420
			1599	1599
			1457	1590
Mittel			0,1523	0,1536

Die einzelnen Werthe von g weichen bis zu 10% von einander ab und zwar stets in dem Sinne, dass bei stärkerer Bewegung noch grössere Zahlen resultirten. Um den Einfluss von Nebenumständen deutlich zu zeigen, wurde noch der folgende Versuch gemacht: Nr. 83 wurde abwechselnd in ein grosses Gefäss mit warmem und in ein kleines mit kaltem Wasser gebracht und beide Male möglichst gut bewegt. Es ergab sich

Steigend im grossen Gefäss	Fallend im kleinen Gefäss
$g = 0{,}1477$	$g = 0{,}1314$
1519	1281
1543	1197
Mittel 0,1513	Mittel 0,1264

Diese Zahlen scheinen einen Unterschied zwischen Steigen und Fallen in dem oben besprochenen Sinne zu beweisen. Ein Vergleich mit den einwurfsfreieren Zahlen der obigen Tabelle zeigt jedoch, dass nur in dem kleinen Gefässe g viel zu klein gefunden wurde, weil das Thermometer nicht schnell genug bewegt werden konnte. Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei noch stärkerer Bewegung auch die in dieser Tafel gegebenen Mittelwerthe noch eine kleine Zunahme erfahren, doch glaube ich, dem Grenzwerthe schon sehr nahe gekommen zu sein.

Für die beiden sehr verschieden geformten Thermometer Nr. 21 und Nr. 83 ergiebt sich fast derselbe Werth 0,1498 bezw. 0,1471 im Mittel aus den Zahlen obiger Tabelle, während für das etwas grössere Thermometer Nr. 1 $g = 0{,}1125$ folgt. In Quecksilber ist die Empfindlichkeit wenig grösser, in Alkohol und konzentrirter Schwefelsäure etwa 30% kleiner als in Wasser.

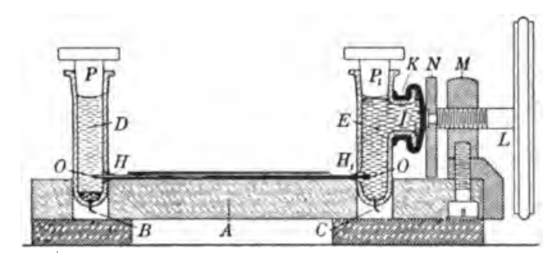
Nimmt man für ein mittleres Instrument $g = 0{,}13$ an, so folgt γ (für 1 Sekunde) $= 0{,}299$ und die Empfindlichkeit E für eine Sekunde 0,259. In einem kräftig bewegten Wasserbade durchläuft also ein mittleres Thermometer in jeder Sekunde den vierten Theil des zu Anfang der Sekunde vorhandenen Unterschiedes zwischen der Wassertemperatur und der Thermometerangabe. Bringt man das Instrument in ein solches Bad von 10° anderer Temperatur, so wird es nach 16 Sekunden, bei 100° Temperaturunterschied nach 23 Sekunden die Wasserwärme auf 0°,1 richtig anzeigen.

Potsdam, Astrophys. Observatorium, März 1897.

Transportables Kapillarelektrometer mit neuer Einstellvorrichtung und horizontaler Kapillare.

Von
Custos **H. Westien** in Rostock.
(Mittheilung aus dem physiologischen Institut der Universität Rostock i. M.)

Dieses kompendiöse Instrument, das ich auf Veranlassung des Herrn Professor Langendorff konstruirt habe, ist folgendermaassen eingerichtet. Eine 10 *mm* starke, geschliffene Glasplatte *A* ist bei *B* und *C* mit Durchbohrungen versehen, in welche die Glasfläschchen *D* und *E* eingegipst sind; in jedes Fläschchen ist ein unten abgerundeter Glasstöpsel *P* und P_1 eingeschliffen und am Boden ein Platindraht eingeschmolzen, welcher die leitende Verbindung mit zwei zugehörigen Klemmen herstellt. In Höhe der oberen Fläche der Glasplatte *A* ist das Fläschchen *D* mit einer kleinen Tubulatur *H* versehen, desgleichen das Fläschchen *E*; letzteres hat ausserdem noch die seitliche Tubulatur *I*. Auf diese ist die Gummimembran *K* aufgebunden. Senkrecht zu dieser Membran schraubt sich die Mikrometerschraube *L* in einem Ständer *M*, welcher auf der Glasplatte *A* montirt ist. Zwischen Membran und Mikrometerschraube befindet sich eine Elfenbeinplatte *N*, die das direkte Berühren der



abgerundeten Schraube mit der Membran verhindert. Durch die beiden Tubulaturen hindurch stehen die Glasfläschchen *D* und *E* mittels der Kapillaren *O* in Verbindung, die auf der Glasplatte aufliegt und an den Tubulaturen gut verdichtet ist.

Die Kapillare habe ich wie ein mikroskopisches Präparat mit einem Deckgläschen bedeckt und in Kanadabalsam eingeschlossen.

Um das Kapillarelektrometer zu füllen, entfernt man zunächst die Stöpsel *P* und P_1 aus den Fläschchen, schraubt die Mikrometerschraube *L* möglichst weit nach rechts, giesst reines, luftfreies Quecksilber in die Flasche *E* und steckt den Glasstöpsel P_1 in die Flasche *E* fest ein, wodurch die Membran *K* nach aussen gewölbt wird und Quecksilber in die Kapillare tritt. Jetzt schraubt man die Schraube *L* so weit nach links, bis die ganze Kapillare mit Quecksilber gefüllt ist und aus dem Ende der Kapillare kleine Quecksilbertröpfchen in das Gefäss *D* fallen; alsdann füllt man in dieses Gefäss zuerst ein paar Tropfen Quecksilber und dann bis zum Rande verdünnte Schwefelsäure und schliesst das Gefäss mit dem Glasstöpsel *P*. Darauf schraubt man vorsichtig die Schraube *L* nach rechts, wodurch die Quecksilbersäule sich auch nach rechts bewegt und Schwefelsäure in die Kapillare eintritt.

Soll mit dem Kapillarelektrometer beobachtet werden, so legt man dasselbe auf den Objekttisch eines Mikroskops, stellt den Tubus auf die Kapillare ein und bringt durch entsprechende Drehung der Schraube *L* die Quecksilberkuppe in die Mitte des Gesichtsfeldes. Jetzt verbindet man die Klemmschrauben unter Zwischenschaltung von Schlüssel, Wippe und unpolarisirbaren Elektroden mit dem betreffenden Präparat. Die Vortheile dieses Kapillarelektrometers sind folgende:

1. Es lässt sich bequem auf jeden Mikroskoptisch legen und wie ein Objektträger durch die vorhandenen Klemmen fixiren;

2. das Quecksilber- wie das Schwefelsäure-Gefäss sind durch konische Stöpsel verschlossen und es kann somit weder Quecksilber noch Schwefelsäure verschüttet werden;

3. die Kapillare ruht wie ein mikroskopisches Präparat auf einem Objektträger, ist in Kanadabalsam eingeschlossen und mit einem Deckglas bedeckt. Die Kapillare kann also nicht leicht zerstört werden;

4. die Konstruktion gestattet Verwendung feinster Kapillaren und somit die Benutzung der stärksten Objektivsysteme;

5. das Instrument ist transportabel und im gefüllten Zustande versendbar, kann leicht ohne Mühe eingestellt und im Falle, dass einmal eine frische Füllung erwünscht sein sollte, in einigen Minuten neu gefüllt werden.

Präzisions-Winkelmesser für rechtwinklige Prismen.

Von

Mechaniker Gustav Halle in Berlin-Rixdorf.

Von der Firma Voigtländer & Sohn ward mir der Auftrag gegeben, einen Winkelmesser für die möglichst genaue Bestimmung des rechten Winkels von Reflexions-Glasprismen herzustellen. Das häufig angewandte Verfahren, Fühlhebelbewegungen mittels Doppelhebel und Zahnrad auf einen vor einer Skale spielenden Zeiger vergrössert zu übertragen, habe ich durch eine Verbindung von *mechanischen* und *optischen* Vergrösserungsmitteln ersetzt. Diese mir gesetzlich geschützte Anordnung (D.R.G.M. Nr. 69 268) soll hier kurz beschrieben werden.



Fig. 1.

In Fig. 1 (1/3 nat. Grösse) ist *A* eine starke Metallplatte, auf welcher das staubdichte Gehäuse[1]) *G* für den Fühlhebel *B* befestigt ist. *C* ist die harte Achsenbuchse dieses Winkelhebels; zwischen zwei glasharten Spitzenschrauben leicht beweglich, giebt dieselbe dem Fühlhebel einen zuverlässigen Stütz- und Drehpunkt. In dem kurzen, horizontal liegenden Schenkel ist mit feingängigem Gewinde verstellbar der Kontaktstift *K* (Fig. 2) befestigt, welcher in einer glasharten, fein polirten Halbkugel endigt. Der vertikale Arm des Winkelhebels, der 10-mal so lang ist als der kurze, läuft in eine gehärtete feine Stahlspitze aus, deren seitliche Ausschläge mittels eines 30-fach

[1]) In der Figur ist die Vorderplatte abgenommen, um den Fühlhebel zu zeigen.

vergrössernden Mikroskopes *M* beobachtet werden. Dasselbe ist auf einer kräftigen Säule horizontal montirt, besitzt ein achromatisches Doppelobjektiv (für gute Bildebenheit), ist in der optischen Achse verschiebbar und lässt sich durch eine Klemmschraube, wenn es auf die Zeigerspitze eingestellt ist, festklemmen. Im Okular befindet sich eine Glas-Mikrometerskale, deren Intervalle einer Verschiebung des Kontaktstiftes um 0,01 *mm* entsprechen. Nach dem Obigen wird also die Verschiebung von *K* 300-fach vergrössert. Die Okularlinse ist zum Verschieben eingerichtet, um für jedes Auge die Mikrometereinstellung zu ermöglichen. Am Sockel der Mikroskopsäule befindet sich eine feingängige Stellschraube, um den Nullpunkt der Skale reguliren zu können.

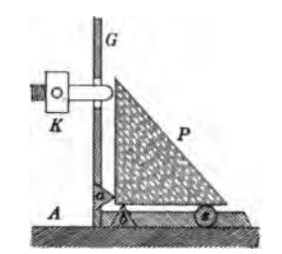


Fig. 2.

Zwei verstellbare Schraubenanschläge, etwa in der Mittellage des langen Fühlhebel-Schenkels, dienen dazu, die Zeigerausschläge beliebig zu begrenzen.

Die Lagerung des zu messenden Prismas ist nach den Angaben von Hrn. Dr. Kaempfer (Firma Voigtländer & Sohn) zweckentsprechend wie folgt angeordnet (vgl. Fig. 2, ungefähr nat. Grösse). An der rechten Seitenwand des Gehäuses, welche vom Kontaktstift durchbrochen wird, ist eine harte Stahlleiste *a* von 18 *mm* Länge festgesetzt, parallel der Grundplatte und von dieser mit der scharfen Aussenkante 4 *mm* entfernt. Eine zweite ebensolche Stahlleiste *b* ist direkt auf der Grundplatte in gleichem Abstand von der Seitenwand befestigt. Sodann ist in etwa 12 *mm* Entfernung von der letztgenannten Leiste eine glasharte, fein polirte Stahlkugel *c* in gleicher Höhe wie die Dreikantleiste gelagert; beide Körper sind mittels einer starken Deckplatte, aus welcher nur die oberen Kuppen ein wenig hervorragen, mit der Grundplatte verbunden; sie bieten die unveränderliche Auflage für das zu prüfende Prisma, während die Schneide *a* die sichere Anlage des Messobjekts gewährleistet.

Für den gebrauchsfähigen Zustand des Apparates ist es natürlich Bedingung, dass der Kontaktstift um 0,15 bis 0,20 *mm* weiter aus der Seitenplatte herausragt, als die obere Schneide vorsteht, damit auch *spitze* Winkelwerthe auf der Mikrometerskale zur Erscheinung kommen.

Der Mikrometerskale habe ich eine hinreichende Ausdehnung gegeben, welche den weitesten Anforderungen genügen dürfte; nach jeder Seite des Nullpunktes sind 15 Theilstriche eingeätzt. Die sichtbare Winkeldifferenz (für die volle Skale) bedeutet etwa $1^1/_2$ Grad. In dem gleichmässig hellen, weissen Gesichtsfeld, welches durch eine von der *Rückseite* beleuchtete Milchglasplatte erzeugt wird, lassen sich sehr bequem noch die Zehntel Intervalle, entsprechend einer Kontaktstiftbewegung von 0,001 *mm* oder 18 Bogensekunden Winkelunterschied (vertikale Entfernung *a K* gleich 12 *mm*), erkennen.

Für die Justirung des Nullpunktes ist selbstverständlich ein mittels Reflexionsgoniometer zu bestimmendes, genau rechtwinkliges Prisma als Normalobjekt erforderlich, welches dem Apparat für die nothwendige Kontrole dauernd beigefügt werden muss. Das Arbeiten mit diesem neuen Winkelmesser vollzieht sich sehr schnell und sicher; ohne jede Mühe kann mit dem Apparat auch der Ungeübte relative Winkelwerthe bestimmen, er ist somit ein wirklich praktischer Werkstattapparat.

Der Verkaufspreis beträgt, einschliesslich eichenem Transportschränkchen, 125 Mark.

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1896 bis 31. Januar 1897[1]).

A. Erste (Physikalische) Abtheilung.

I. Thermische Arbeiten[2]).

1. Ausdehnung des Wassers und daran anschliessende theoretische Arbeiten[3]).

Die absolute Bestimmung der Ausdehnung des Wassers konnte, wie vorausgesehen war, bis zu Temperaturen von 40° durchgeführt werden. Die Arbeiten sind abgeschlossen und zunächst auszugsweise veröffentlicht worden (vgl. Anhang Nr. 1).

Es ergaben sich folgende Werthe der Dichte bei den entsprechenden Temperaturen des Wasserstoffthermometers:

t	ε
0°	0,999 8679
3,98	1,000 0000
10	0,999 7272
15	0,999 1263
20	0,998 2298
25	0,997 0714
30	0,995 6732
35	0,994 0576
40	0,992 2417

Diese Veröffentlichung wird aber, abgesehen von einer ausführlicheren Beschreibung der Versuche und Rechnungen in den „Wissenschaftlichen Abhandlungen“, noch nach zwei Richtungen hin zu ergänzen sein.

Zunächst waren Interpolationsformeln zu suchen, welche die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur in dem Versuchsintervalle von 0° bis 40° möglichst genau darstellen und sich auch für andere Temperaturen nicht zu weit von den aus anderen Beobachtungen bekannten Werthen entfernen sollten. Diese Aufgabe liess sich ziemlich gut durch gebrochene Funktionen lösen, während die einfache Potenzenreihe eine übergrosse Zahl von Konstanten erfordert.

Beispielsweise ergiebt sich eine genügende Darstellung der Versuchsresultate bei Anwendung der Formel

$$1 - \varepsilon = \frac{(t - 3^\circ{,}980)^2}{503\,570} \cdot \frac{t + 283^\circ}{t + 67^\circ{,}26}.$$

Andererseits gaben die Versuche Veranlassung, die Erscheinungen näher zu verfolgen, welche bei der Spiegelung an einer durch kapillare Kräfte schwach gekrümmten Oberfläche auftreten, Erscheinungen, die sich auch beim Normal-Barometer der Anstalt geltend machen und deren Wichtigkeit mit der weiteren Verbreitung der benutzten Ablesungsmethode wachsen wird. Die hiervon herrührende Korrektion war bei den Versuchen in einer nicht ganz befriedigenden Weise rein empirisch ermittelt worden; doch lässt sich ihr Gesetz und bei vorausgesetzter Kenntniss der Kapillaritätskonstanten auch ihre Grösse durch eine verhältnissmässig einfache Theorie finden. Diese theoretischen Untersuchungen sind über das zunächst vorliegende Bedürfniss hinaus verfolgt und daher durch private Thätigkeit ergänzt worden; ein Theil derselben wird demnächst veröffentlicht werden können.

---

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1897 erstatteten Thätigkeitsbericht. Die Zahl der an der Anstalt ständig beschäftigten Personen beträgt 74. Als wissenschaftliche Gäste und freiwillige Mitarbeiter gehörten ausserdem der Abtheilung I die Hrn. Prof. Dr. Pringsheim und Prof. Dr. Rubens, der Abtheilung II Hr. Dr. Dietz an.

[2]) Im Folgenden sind die Namen derjenigen Beamten, welche die betreffenden Arbeiten ausführten, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes aufgeführt.

[3]) Thiesen, Scheel, Diesselhorst.

Zur Bestimmung der Dichte des Wasserdampfes bei Atmosphärendruck nach der Methode von Bauer wurden Vorversuche ausgeführt und die anfänglich durch die Kondensation des Wasserdampfes auftretenden Schwierigkeiten überwunden. Die endgültigen Versuche wurden zurückgestellt, da der Hohlkörper, auf dessen Wägung die Bestimmung beruht, noch unzulässige Aenderungen zeigte. *2. Dampfdichte*[1].

Die Bestimmung der Dampfdichte bei Drucken bis zu 20 Atmosphären wird unmittelbar nach Lieferung und Aufstellung des Manometers (eines gebrochenen Quecksilber-Wasser-Manometers, wie es durch die endgültige Entscheidung über den Beobachtungsraum bedingt wurde) in Angriff genommen werden können. Die übrigen Apparate sind aufgestellt und soweit angängig geprüft worden, die Lieferung des Manometers steht in naher Aussicht.

Einem Wunsche der 11. Konferenz der internationalen Erdmessung entsprechend wurden Untersuchungen über die Aenderung der Elastizität von Metallen mit der Temperatur ausgeführt. Die Temperaturkoëffizienten der meisten untersuchten Metalle und Legirungen sind von derselben Ordnung und wesentlich grösser als bei den besseren Glassorten; nur die Platinmetalle zeigen ziemlich kleine Koëffizienten. Unter den übrigen untersuchten Metallen zeigte Nickel die kleinste Aenderung. *3. Aenderung der Elastizität von Metallen*[2].

Bei der Wiederaufnahme des Studiums des galvanischen Platinthermometers hat sich die von Julius vorgeschlagene Methode zur erschütterungsfreien Aufstellung des Galvanometers[4]) mittels trifilarer Aufhängung gut bewährt. *4. Platinthermometer*[3].

Die Fertigstellung der grossen hydrostatischen Waage ist erfolgt. Die hier neu eingeführte Klemm-Arretirung erfordert zwar eine sehr sorgfältige Justirung, erfüllt dann aber auch ihre Aufgabe, eine grosse Konstanz der Gleichgewichtslagen herbeizuführen, in einer fast über Erwarten vollkommenen Weise. *5. Waage.*

Für die Versuche bei höheren Temperaturen, welche in Aussicht stehen, ist eine Anzahl von Quecksilberthermometern aus dem Jenaer Glase 59^{III} angefertigt worden. Die Theilung der bisher gelieferten Thermometer ist erfolgt; ihre Untersuchung hat nur eben in Angriff genommen werden können. *6. Quecksilberthermometer für höhere Temperaturen*[5].

Eine eingehende Vergleichung mehrerer der ersten und der zweiten Abtheilung der Reichsanstalt gehöriger Quecksilber-Normalthermometer aus den Jenaer Gläsern 16^{III} und 59^{III} wird demnächst abgeschlossen werden können. Die Vergleichungen umfassen für jede der beiden Glassorten je zwei Instrumente aus beiden Abtheilungen und werden bei den Temperaturen 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 75° vorgenommen. *7. Vergleichung von Quecksilber-Normalthermometern der beiden Abtheilungen*[6].

Die auf die Stahlschrauben des Fizeau'schen Tischchens zurückgeführte Ausdehnung des Quarzes hatte, wie bereits im vorjährigen Thätigkeitsberichte erwähnt wurde, eine etwa 2% betragende Abweichung von dem durch Benoît gefundenen Werth. Der letztere ist auf die Ausdehnung eines wohl einwurfsfreien Materials, des Platin-Iridiums zurückgeführt; er wird ferner durch die gute Uebereinstimmung der mit seiner Hülfe berechneten und der absolut gemessenen Wasserausdehnung bestätigt. Da ausserdem bei den beiderseitigen Versuchen optisch reine, genau senkrecht zur Achse geschnittene Quarzwürfel zur Verwendung kamen, so lag die Vermuthung nahe, dass der Grund für die gefundene Abweichung in dem Werthe für die Ausdehnung der Stahlschrauben des Tischchens zu suchen sei. Es wurden deshalb zahlreiche Kontrolmessungen angestellt, welche zu dem Ergebniss führten, dass eine etwa 2% übersteigende Genauigkeit der Messungen bei Anwendung von Stahlschrauben kaum erwartet werden dürfe, trotzdem der zu den Schrauben verwendete Stahl s. Z. besonders sorgfältig ausgewählt und einem lange dauernden Glühprozess unterworfen worden war. *8. Arbeiten mit dem Fizeau-Abbe'schen Dilatometer*[7].

---

[1]) Thiesen.
[2]) Thiesen, Orlich.
[3]) Orlich.
[4]) *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 267. 1896.*
[5]) Scheel, Orlich.
[6]) Gumlich, Scheel.
[7]) Gumlich.

Zudem zeigten sich die Stahlschrauben nach längeren Versuchsreihen stets stark mit Rost überzogen. Auch hierauf könnte ein Theil der Unsicherheit zurückzuführen sein, da durch eine 1 bis 2 μ betragende Hebung der auf den Spitzen der Stahlschrauben ruhenden Deckplatte die ganze Differenz erklärt sein würde.

Nachdem festgestellt worden war, dass sich auch bei den Messungen in der Zeiss'schen Werkstätte grössere Unregelmässigkeiten herausgestellt hatten, die nur auf die Inhomogenität des Stahls zurückzuführen waren, wurde die Einführung eines Hohlzylinders aus Quarz als Vergleichskörper beschlossen. Die Firma Zeiss erklärte sich bereit, einen derartigen Quarzzylinder mit Deckplatten zu liefern.

Auch die Heizvorrichtung wird einer Vervollkommnung bedürfen, durch welche die Konstanz der Luftbeschaffenheit im Heizraum sicher verbürgt wird.

9. Messung tiefer Temperaturen[1]. Die Messung tiefer Temperaturen bis zum Siedepunkt der flüssigen Luft ist in München in dem Laboratorium der Gesellschaft für Linde's Eismaschinen ausgeführt worden. Die auf das Wasserstoffthermometer bezogene Temperatur lässt sich als Funktion des Widerstandes des reinen Platins näherungsweise durch die Gleichung

$$t = -258{,}3 + 5{,}0567\, W + 0{,}005\,885\, W^2$$

darstellen. Ferner wurde das Thermoelement Konstantan-Eisen mit dem Wasserstoffthermometer verglichen. Die Abhängigkeit der thermoelektrischen Spannung E (in Mikrovolt) eines Thermoelementes Konstantan-Eisen von der Temperatur t der einen Löthstelle, während die andere 0° hatte, wird durch die Formel

$$t = 0{,}017\,80\, E + 0{,}000\,000\,8784\, E^2$$

angegeben. Beide Gleichungen gelten von 0° bis — 190°.

Von folgenden Körpern wurden die Schmelzpunkte bestimmt:

Ammoniak	— 78°,8
Toluol	— 102°,0
Ameisensaures Methyl	— 107°,5
Schwefelkohlenstoff	— 112°,8
Aether	— 117°,6
Bromäthyl	— 129°,5.

Andere Substanzen, z. B. Amylen und Alkohole zeigten keinen bestimmten Gefrierpunkt, sondern erstarrten allmählich. Methylalkohol schien sich hierbei auszudehnen, da er wiederholt sein Gefäss sprengte.

Als eine Flüssigkeit, welche zur Thermometerfüllung bis — 190° brauchbar sein kann, bewährte sich allein ein, bei 33° siedender, Petroläther. Auch dieser wird schliesslich sehr zähe und verlangt alsdann Vorsichtsmaassregeln. Seine Ausdehnung erscheint in tiefen Temperaturen gleichmässiger als in mittleren.

Bemerkenswerth und für die Thermometrie werthvoll ist endlich das Resultat einer Vergleichung des Wasserstoffthermometers mit dem Luftthermometer. Werden beide bei 0° etwa unter Atmosphärendruck gefüllt, so zeigt das Luftthermometer bei — 188° nur um 0°,6 niedriger, wonach also diese beiden Gase bis dahin noch fast genau demselben Ausdehnungsgesetze folgen.

Ueber die Einzelheiten der Messungen vgl. die Veröffentlichungen (Anh. Nr. 4).

II. Elektrische Arbeiten. 1. Normalelemente. a) Cadmiumelemente[2]. Die Untersuchungen mit den Cadmiumsulfat-Elementen sind nach mehreren Richtungen hin weiter fortgeführt worden. Zu verschiedenen Zeiten wurden neue Elemente hergestellt und mit den alten verglichen; dieselben stimmten stets mit dem Mittelwerth auf etwa $^1/_{10\,000}$ überein. Die elektromotorische Kraft des Cadmiumelementes bestimmte man durch Vergleichung desselben mit dem Clarkelement zu 1,019 *int. Volt* unter Annahme der Zahl 1,433 *int. Volt* für das Clarkelement bei 15°.

---

[1]) Holborn, Wien.

[2]) Jäger, Wachsmuth.

Das in der Veröffentlichung Anh. Nr. 7 und in früheren Thätigkeitsberichten erwähnte unregelmässige Verhalten einiger Elemente bei niedrigen Temperaturen wurde näher untersucht. Dasselbe scheint mit einer Umwandlung des gewöhnlichen Cadmiumsulfat-Salzes ($3\,CdSO_4 + 8\,H_2O$) in ein anderes Hydrat zusammenzuhängen. Die Spannungskurven der Elemente von nicht normalem Verlauf scheinen die normale Kurve etwa bei 15° zu schneiden. Durch Erwärmen auf ungefähr 40° konnte man die abweichenden Elemente, vorerst allerdings nur auf wenige Tage, so umformen, dass sie sich bis unter 0° wie ein „normales" Element verhielten. Die Frage nach verschiedenen Hydraten des Cadmiumsulfats wird im chemischen Laboratorium weiter untersucht.

Analoge, bereits von Lord Rayleigh erwähnte Erscheinungen wurden auch bei dem Clarkelement verfolgt, dessen Umwandlungspunkt in Uebereinstimmung mit den Angaben über die Löslichkeit des Zinksulfats um 40° liegt.

Durch Erwärmen von Clarkelementen auf 60° gelang es, die Umwandlung auch bei gewöhnlicher Zimmertemperatur auf Wochen festzuhalten. Derartig umgewandelte Elemente, bei denen die Zinksulfatlösung bedeutend mehr Salz enthält, als bei der gewöhnlichen Modifikation, zeigten bei 0° eine um 1% niedrigere Spannung als normale Elemente. Es bestätigt sich hierdurch die Nothwendigkeit einer gewissen Vorsicht bezüglich der Erwärmung bei der Herstellung der Clarkelemente. Durch Einwerfen eines kleinen Krystalls der gewöhnlichen Modifikation stellte sich der normale Zustand etwa binnen einer Stunde wieder her.

Im Anschluss an diese Untersuchungen wurden die Spannungen einiger Thermoelemente erster und zweiter Gattung mit Cadmiumsulfatlösung als Elektrolyt in gesättigtem und verdünntem Zustand gemessen.

Diese Versuche sollen noch weiter fortgeführt werden.

b) Verhältniss zwischen Clark- und Cadmium-Element[1]).

Das Verhältniss zwischen dem Clarkelement von 0° und 15° und dem Cadmiumelement wurde unter Anwendung beider Elemente in H-Form zu verschiedenen Zeiten neu bestimmt. Am genauesten sind bei dem Clarkelement die Messungen bei 0°, während die Messungen bei 15° wegen des grossen Temperatureinflusses von 0,1% auf 1° mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft sind.

Das Verhältniss zwischen Clark 0° und Cadmiumelement 20° ist stets innerhalb eines Zehntausendtel gleich gefunden worden. Unter Benutzung aller Messungen ergiebt sich der Werth

$$\frac{\text{Clark } 0^\circ}{\text{Cadmium } 20^\circ} = 1{,}4227 \text{ (früher 1,4226 angegeben).}$$

Durch öftere Kontrole dieses Werthes wird sich herausstellen, inwieweit die Mittelwerthe des Clark- und des Cadmiumelementes unverändert bleiben. Bis jetzt hat sich die aus dem relativen Verhalten der Elemente abgeleitete Folgerung, dass die Elemente auf ein Zehntausendtel konstant und reproduzirbar sind, bestätigt gefunden.

Auch für das Verhältniss Clark 15° zu Cadmium 20° hat sich innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler stets die gleiche Zahl ergeben. Unter Berücksichtigung aller bis jetzt angestellten Messungen erhält man

$$\frac{\text{Clark } 15^\circ}{\text{Cadmium } 20^\circ} = 1{,}4066$$

mit einer Unsicherheit von 1 bis 2 Zehntausendteln.

c) Temperaturkoëffizient des Clarkelements[2]).

Da es sich bei Präzisionsmessungen empfiehlt, das Clarkelement auf 0° zu halten, so ist es von Wichtigkeit, ausser dem bekannten Temperaturkoëffizienten in der Nähe von 15° noch die Differenz Clark 0° — Clark 15° möglichst genau zu kennen, weil die Werthe des Elements gewöhnlich auf 15° bezogen werden. Aus den oben angegebenen Zahlen berechnet sich diese Differenz zu 0,0163 *int. Volt.* Zwischen 10° und 30° war die Formel aufgestellt worden

$$1)\qquad E_t = E_{15} - 0{,}001\,16\,(t - 15) - 0{,}000\,01\,(t - 15)^2$$ [3]).

[1]) Jäger, Kahle.
[2]) Jäger, Kahle.
[3]) K. Kahle, *diese Zeitschr.* **13.** *S. 309. 1893; Wied. Ann.* **51.** *S. 197. 1894.*

Mit Rücksicht auf die obige Zahl erhält man als eine von 0° bis etwa 30° geltende Formel

2) $$E_t = E_{15} - 0{,}00119\,(t - 15) - 0{,}000007\,(t - 15)^2.$$

Die folgende Zusammenstellung gibt die Werthe beider Formeln von 5° zu 5°.

$E_t - E_{15}$ in $^1/_{10000}$ *Volt*

t	Formel 1	Formel 2
0°	—	+ 163
5°	—	+ 112
10°	+ 56	+ 58
15°	0	0
20°	— 60	— 61
25°	— 126	— 126
30°	— 196	— 194

Auch neuen Beobachtungen, die in der Abtheilung II an H-förmigen Elementen zwischen 0° und 20° angestellt wurden, schliesst die Formel sich gut an.

2. Helmholtz'sches Elektrodynamometer[1]. Die Bestimmung der Windungsflächen der beweglichen Spulen des Dynamometers wurde mit kurzem Stromschluss wiederholt und lieferte um etwa $^1/_{1000}$ kleinere Werthe als früher. Die alten Werthe sind in Folge der Ausdehnung der Spulen durch die Stromwärme zu gross ausgefallen und wurden entsprechend korrigirt.

Zugleich wurden die Rechnungen nochmals kontrolirt. Ueber die Veröffentlichung siehe Anh. Nr. 6.

3. Silbervoltameter[2]. Schon im vorigen Berichtsjahr war gefunden worden, dass die durch die gleiche Strommenge gebildeten Niederschläge bei häufiger Elektrolysirung derselben Silbernitratlösung und bei Bildung mehrerer Niederschläge auf einander etwas zunehmen. Die Erscheinung wurde durch weitere Versuche bestätigt und auf zwei Ursachen zurückgeführt. Einmal erfährt das Gewicht der Kathode für die gleiche Strommenge eine um so grössere Zunahme, je dicker die Silberschicht ist, auf der der neue Niederschlag gebildet ist. Zum anderen nimmt bei wiederholter Elektrolysirung die Lösung allmählich eine andere Beschaffenheit an, in der sie unter sonst gleichen Umständen einen grösseren Niederschlag liefert.

Die Untersuchung dieser für den Gebrauch des Silbervoltameters wichtigen Erscheinungen ist noch nicht ganz abgeschlossen.

4. Silbervoltameter und Clarkelement[3]. Die Spannung des Clarkelements wurde unter folgenden Versuchsbedingungen auf das Silbervoltameter zurückgeführt. Es wurden zwei hintereinander geschaltete Voltameter Poggendorff'scher Form mit Platin-Bechern von 100 *qcm* als Kathoden und mit Silberstäben von 4 bis 12 *qcm* als Anode benutzt. Der Elektrolyt war 20% Silbernitrat-Lösung. Während einer Elektrolyse wurde bei 0,35 *Ampere* etwa 1 *g* Silber niedergeschlagen. Grössere Anhäufungen von niedergeschlagenem Silber als 4 *g* wurden vermieden. Die Niederschläge wurden, nachdem sie mehrmals kalt abgespült waren, eine Stunde lang in destillirtem Wasser von etwa 80° digerirt.

Unter der gewöhnlichen Annahme, dass ein Strom von 1 *Ampere* in der Stunde 4,025 *g* Silber niederschlägt, berechnet sich nun aus den eben beschriebenen Versuchen

bei Verwendung	die Spannung des Clarkelements bei 0°	bei 15°
frischer Lösungen	1,4490[4]	1,4327
gebrauchter Lösungen bis zu	1,4504	1,4341

also sehr merklich verschiedene Zahlen.

[1]) bis [3]) Kahle.

[4]) Diese Zahl ist in der Kahle'schen Abhandlung über das Helmholtz'sche absolute Elektrodynamometer (vgl. auch *diese Zeitschr.* **17.** *S. 109. 1897*) angeführt.

Der Anschluss der Spannung des Clarkelementes an die absolute Strommessung mit dem Helmholtz'schen Elektrodynamometer ergab nach der endgültigen Berechnung (*Wied. Ann. 59. S. 573. 1896*) 1,4488 *Volt* bei 0°. Um aus den obigen Bestimmungen diese Zahl zu erhalten, müsste man für die frischen Lösungen 1,1182, für die gebrauchten 1,1193 *mg-Am.-Sek.* als elektrochemisches Aequivalent des Silbers einsetzen.

5. Leitvermögen der Elektrolyte[1]).

Die bisherigen Angaben über das Leitvermögen von Elektrolyten sind meistens auf die erste Bestimmung von Kohlrausch und Grotrian aus dem Jahre 1874 zurückgeführt und auf das Leitvermögen des Quecksilbers als Einheit durch Vermittelung der damaligen Siemens'schen Widerstandsskalen bezogen. Es ist nothwendig, die zu Grunde liegenden Konstanten neu zu bestimmen und auf die inzwischen fixirte Widerstands- und Temperaturskale zu beziehen.

Die Widerstands-Kapazität der Gefässe, welche zu der ersten Bestimmung gedient hatten, und einiger neuer Gefässe wurde, auf das *Ohm* der Reichsanstalt bezogen, neu bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden die Leitvermögen einiger Flüssigkeiten in zwei kalibrirten Röhren durch Elektroden-Verschiebung gemessen und mit diesen Flüssigkeiten die Widerstands-Kapazitäten der Gefässe ermittelt. Hiernach würde der Faktor, mit welchem die alten, auf Quecksilber bezogenen Leitvermögen zu multipliziren sind, um auf *Ohm* bezogen zu werden, im Mittel 1,0659 anstatt 1,0630 betragen. Das Ergebniss stimmt nahe mit einer früher in Strassburg ausgeführten Bestimmung.

Hinzu treten, wenn die alten Maasseinheiten mit den jetzt geltenden vertauscht werden sollen, die Aenderungen, welche einmal dadurch entstehen, dass die jetzige auf das Wasserstoffthermometer bezogene Temperaturskale in mittlerer Temperatur um fast 0°,1 höher liegt als die ältere, und sodann dadurch, dass die Widerstandseinheit jetzt genauer bekannt ist. Soweit sich aus den Bestimmungen des Leitvermögens einiger gut definirter Lösungen jetzt schon ein Resultat ersehen lässt, wird der (von dem Temperaturkoëffizienten der einzelnen Flüssigkeit etwas abhängige) Reduktionsfaktor der alten Angaben auf *Ohm* im Mittel nahe 1,069 betragen.

Es wird beabsichtigt, diese Reduktion, soweit dieselbe nach den Angaben in der Literatur möglich ist, an den bisher veröffentlichten Bestimmungen auszuführen.

Eine werthvolle Thatsache wurde bei den obigen Versuchen gefunden, nämlich dass die Platinirungsflüssigkeit für Bolometer (*Verh. d. Physik. Ges. Berlin, 14. Juni 1895*) auch für Elektrodenzwecke vorzüglich wirksam ist, sodass Widerstandsbestimmungen oder ähnliche Arbeiten mit Wechselströmen polarisationsfreie Elektroden von viel kleinerer Fläche benutzen können als früher (vgl. Anh. Nr. 8).

6. Magnetisirung von Eisen und Stahl in schwachen Feldern[2]).

Es wurde die Magnetisirung verschiedener Eisen- und Stahlsorten unter dem Einfluss schwacher Kräfte mit dem Magnetometer untersucht. Die untersuchten Stäbe sind Zylinder von 15 *cm* Länge und 0,3 *cm* Durchmesser. Am einfachsten gestalten sich die Resultate bei weichem Gussstahl, der bisher bei ähnlichen Untersuchungen noch nicht benutzt zu sein scheint. Der Magnetisirungskoëffizient bildet bei allen vier untersuchten Gussstahlsorten eine gerade Linie, die sich etwa bis zur Feldstärke 2,5 fortsetzt. Dabei besitzt diese Gerade nur eine schwache Neigung gegen die Abszissenachse, d. h. der Magnetisirungskoëffizient wächst nur sehr langsam an. Der Anfangswerth liegt bei den vier untersuchten Sorten zwischen 8 und 9 C.G.S. Bei dem gehärteten Stahl beträgt der Magnetisirungskoëffizient ungefähr den vierten Theil und lässt sich ebenfalls durch eine schwach ansteigende gerade Linie darstellen. Sowohl das weiche, wie das harte Schmiedeeisen zeigen kein so einfaches Verhalten. Der Anfangswerth des Magnetisirungskoëffizienten betrug bei zwei weichen Eisensorten mehr als 30. Bei andern ausgeglühten Sorten war er zwar kleiner, aber stets grösser als bei weichem Stahl. Die Resultate sind in den *Sitz.-Ber. d. Berliner Akad.* veröffentlicht.

---

[1]) Kohlrausch, Holborn, Diesselhorst.
[2]) Holborn.

III. Optische Arbeiten.

1. Untersuchung des Strahlungsgesetzes schwarzer Körper[1]).

Mit den im vorigen Berichte erwähnten Versuchseinrichtungen wurden zunächst orientirende Versuche angestellt für das Temperaturintervall von 100° bis etwa 1000°. Sowohl bezüglich des Dampfkessels als auch des mit Salpeter gefüllten Kessels bewährten sich die getroffenen Einrichtungen, und unabhängig von einander angestellte Messungen zeigten eine genügende Uebereinstimmung. Bei den hohen Temperaturen jedoch versagte die bolometrische Messeinrichtung.

Um das Bolometer in der Nähe starker Heizquellen auf möglichst konstanter Temperatur zu halten, war dasselbe mit einer Wasserspülung umgeben. Infolge des grossen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in dem Heizraum kondensirte sich der Wasserdampf in dem Bolometerraum und schlug sich als Wasser auch am Bolometer nieder. Die Wirkung war dreierlei Art. Erstens verschob sich der Nullpunkt des Bolometers, zweitens änderte sich die Art des Ausschlags und drittens verminderte sich die Empfindlichkeit des Bolometers. Um von diesen Schwankungen unabhängig zu werden, wurde der Aufbau geändert und eine „Strahlungseinheit“ konstruirt, um jederzeit die Empfindlichkeit des Bolometers prüfen zu können. Mit Hülfe dieser Strahlungseinheit ist die Strahlung eines schwarzen Körpers zwischen 100° und 600° C. gemessen worden. Andererseits wurden Versuche über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf bolometrische Messungen angestellt mit dem Zwecke, Bolometer zu fertigen, welche nicht hygroskopisch sind.

2. Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf bolometrische Messungen[2]).

Die auf elektrolytischem Wege mit Platinmohr überzogenen Bolometer zeigen sich in hohem Maasse hygroskopisch. Um ein Urtheil über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Empfindlichkeit der Bolometer zu gewinnen, wurden letztere abwechselnd in einem mit trockener bezw. feuchter Luft gefüllten Kasten einer konstanten Strahlungsquelle ausgesetzt. Bezeichnet man die Empfindlichkeit des Bolometers im getrockneten Raume mit Eins, so sank dieselbe in gewöhnlicher Zimmerluft nur wenig (um etwa 1%), in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft dagegen bis auf $^1/_2$.

Wochenlang in destillirtem Wasser gespülte Bolometer zeigen noch dieselbe Erscheinung, nur geht die Abnahme der Empfindlichkeit sehr viel langsamer vor sich. An einem im Bau begriffenen Apparate, bei welchem man die Feuchtigkeit, den Druck und die Temperatur der Luft des Bolometerraumes beliebig verändern kann, sollen diese Versuche genauer wiederholt werden.

3. Energievertheilung im Spektrum der Platinlichteinheit[3]).

Im vorigen Berichte war schon erwähnt worden, dass sehr schmale Bolometer (0,1 *mm* breit) eine andere Energievertheilung im Spektrum ergaben wie breite Bolometer. Neuere Versuche haben diese auffallende Erscheinung bestätigt, ohne zugleich eine Erklärung für dieselbe zu liefern. Jedenfalls bedarf es eingehender Versuche darüber, ob das selektive Verhalten der ebenfalls mit Platinmohr überzogenen Linearbolometer auf den Belag oder auf die Breite der Bolometer zu schieben ist. Nach Erkenntniss des Einflusses der Feuchtigkeit auf die Empfindlichkeit der Bolometer gewinnt der Umstand an Bedeutung, dass die sehr schmalen Bolometer infolge der starken Erhitzung durch den Strom in trocknerem Zustande sich befinden, als die breiteren Bolometer. Inwieweit freilich trockener und feuchter Platinmohr verschieden selektiv wirken sollte, ist nicht recht einzusehen. Versuche mit blanken und geschwärzten Bolometern in trockener und feuchter Luft werden auch hierüber Aufschluss geben.

4. Anwendung schwarzer Körper zur Verwirklichung der Definition einer Platinlichteinheit[4]).

Um die Temperatur eines elektrisch geglühten Platinblechs dadurch zu fixiren, dass man dessen Strahlung auf diejenige einer Strahlungseinheit zurückführt, bedarf es vor allem einer konstanten und wohldefinirten Strahlungsquelle. Als solche hat sich ein nach Art der „schwarzen“ Körper konstruirter Siedekessel erwiesen. Um dessen Strahlung noch unabhängiger von der Oberflächenbeschaffenheit des Hohlraums zu machen, ist letzterer aus Glas gefertigt worden, welches bei 100° an sich schon nahe wie ein schwarzer Körper wirkt.

[1]) Lummer, Wien; nach Fortgang des letzteren: Lummer, Pringsheim.
[2]) Lummer, Kurlbaum.
[3]) Kurlbaum, Lummer, Rubens.
[4]) Lummer, Kurlbaum.

5. Strahlungsmessungen in absolutem Maass[1]).

Im Anschluss an diese Messungen wurde eine Untersuchung über das Absorptionsvermögen von Kohlensäure für lange Wellenlängen angestellt. Die Arbeit ist durch den Kohlensäuregehalt der Zimmerluft, welche den Weg für die Strahlung bildet, veranlasst. Es wurde eine neue Versuchsanordnung angewandt, bei der sich Strahlungsquelle und Bolometer, deren Temperatur nur um wenige Grad verschieden ist, in demselben abgeschlossenen und mit Kohlensäure gefüllten Raum befinden.

Die Versuche zeigen, dass die Strahlen, welche Körper innerhalb der Temperaturen 20° bis 30° sich zusenden, zwar durch Kohlensäure in dicken Schichten sehr erheblich absorbirt werden, dass aber der Einfluss der in Zimmerluft vorhandenen Kohlensäure, von höchstens wenigen Promille, vernachlässigt werden kann. Die Arbeit ist im Druck.

Gleichfalls für die Strahlungsmessungen in absolutem Maass ist eine Untersuchung über die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche und dem Innern eines strahlenden Körpers im Gange, ferner Versuche über die Reflexion langer Wellen an verschiedenen Medien, besonders über die diffuse Reflexion an Platinschwarz, welches die absorbirende Schicht der Bolometer bildet.

6. Rotationsdispersion des Quarzes[2]).

Die Bestimmung der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch den Quarz für andere Lichtsorten als das früher untersuchte Natriumlicht ist im Gange und für eine Anzahl von homogenen Spektrallinien bereits durchgeführt. Sie wird mit Hülfe eines im Thätigkeitsberichte für 1894/95 (*diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 293. 1895*) beschriebenen neuen Halbschattenprinzips ausgeführt, welches auf der Reflexion des polarisirten Lichtes an der streifenweise mit Silber belegten Hypotenusenfläche eines Glasprismas beruht. Diese Vorrichtung, welche sich durch Einfachheit in der Handhabung bei Lichtquellen verschiedener Intensität empfiehlt, giebt zwar, namentlich bei grösserem Halbschatten, nicht genau linear, sondern elliptisch polarisirtes Licht und in Folge dessen eine etwas geringere Empfindlichkeit, doch genügt die letztere bei mässigem Halbschattenwinkel den bei dieser Aufgabe zu stellenden Anforderungen vollständig. Als Lichtquelle wird die für diesen Zweck ungemein geeignete Arons'sche Quecksilberbogenlampe in der von der Reichsanstalt eingeführten Modifikation (vgl. Thätigkeitsbericht 1894/95, *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 294. 1895;* ferner *Beiblatt 1896. S. 93*) benutzt, welche die Wellenlängen von 579, 577, 546 und 436 $\mu\mu$ recht intensiv, diejenigen von 408 und 405 $\mu\mu$ schwächer liefert. Weiter steht zur Verfügung ausser der rothen Wasserstofflinie 656 $\mu\mu$ und der Lithiumlinie 671 $\mu\mu$ die rothe Rubidiumlinie 781 $\mu\mu$, falls es gelingt, die letztere in hinreichender Intensität herzustellen, was sich nach einigen Vorversuchen erwarten lässt; demnach würden sich die Messungen über den ganzen Bereich des sichtbaren Spektrums erstrecken. Die Lücke zwischen 546 $\mu\mu$ und 436 $\mu\mu$ wird sich voraussichtlich durch Cadmiumlinien ausfüllen lassen.

7. Versuche über Arons'sche Bogenlampen mit Amalgamfüllung[3]).

Die Cadmiumlinien haben bekanntlich in neuerer Zeit wegen ihrer Homogenität in der messenden Physik eine grosse Bedeutung gewonnen, doch ist es schwer, sie einigermaassen intensiv herzustellen. Man erhält sie beispielsweise durch Cadmiumamalgam in stark erhitzten Geissler'schen Röhren oder durch den direkt zwischen Cadmiumpolen überspringenden Induktionsfunken, doch lieferten beide Methoden nicht die für polarimetrische Messungen wünschenswerthe Intensität. Der Versuch, einen direkten Flammenbogen zwischen Cadmiumpolen in der Luft herzustellen, hatte nicht den gewünschten Erfolg, denn wenn es auch stets gelingt, für kurze Zeit einen sehr hellen Lichtbogen hervorzubringen, so erlischt derselbe doch rasch dadurch, dass die Pole aneinander backen; zudem entwickeln sich gesundheitsschädliche Dämpfe. Eine Arons'sche Quecksilberlampe statt mit Quecksilber mit Cadmiumamalgam gefüllt, konnte durchaus nicht dauernd in Gang gehalten werden, und es ergab sich bald, dass der Grund hierfür in der Oxydschicht zu suchen ist, mit welcher sich auch neues, sorgfältig hergestelltes Amalgam sofort überzieht.

Nach verschiedenen vergeblichen Versuchen gelang es, diese Oxydschicht dadurch zu beseitigen, dass man das Amalgam im Vakuum durch mehrere Verengerungen der Glasröhre

[1]) Kurlbaum.
[2]) und [3]) Gumlich.

direkt in die Lampe hineinfiltrirte; dann ist der Lichtbogen zwischen den Polen ganz leicht dauernd in Gang zu halten. Die Intensität der Cadmiumlinien scheint mit zunehmender Konzentration des Amalgams zu wachsen und ebenso mit zunehmender Temperatur der Kühlflüssigkeit; als solche lässt sich siedendes Wasser bequem verwenden. Die grösste Intensität scheint nicht im Bogen selbst, sondern dicht an den Polen aufzutreten; deswegen wurde die eine Endwand der Röhre derart geneigt und äusserlich mit einem spiegelnden Silberbelag versehen, dass die von dem einen Pole kommenden Strahlen in Richtung der Röhrenachse reflektirt werden. Die hellsten, grünen und blauen Cadmiumlinien erreichten hierdurch eine Intensität, welche zwar an diejenige der hellsten Quecksilberlinien nicht heranreicht, aber doch auch für polarimetrische Messungen genügen dürfte.

Da derartige Amalgamröhren in Folge ihrer bequemen Handhabung auch für andere optische Zwecke mit Vortheil zu verwenden sind, so wurden die Versuche noch auf einige andere Amalgame ausgedehnt. Die Zinklinien traten ungefähr ebenso hell auf, als die Cadmiumlinien. Dagegen erschienen die Zinnlinien nur recht schwach, und es lässt sich wohl überhaupt annehmen, dass nur von den Metallen mit niedrigem Siedepunkte gute Resultate zu erwarten sind. Kaliumamalgam jedoch gab bei Anwendung von Bädern bis zu 100° überhaupt keine Kaliumlinien.

8. Versuche mit X-Strahlen[1]).

Auf den Wunsch des Königlich Preussischen Kriegsministeriums wurden alsbald nach dem Bekanntwerden der Röntgen'schen Entdeckung Versuche über die Verwendbarkeit der X-Strahlen in der Chirurgie angestellt, welche über die Durchlässigkeit der verschiedenen Körpertheile, bezw. Einflüsse Ergebnisse lieferten, die theilweise damals neu waren, auch zu einer zweckmässigen Form der lichtgebenden Röhren führten. (vgl. die Veröffentlichung, Anh. Nr. 11.)

B. Zweite (Technische) Abtheilung.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[2]).

Für das präzisionsmechanische Laboratorium gingen in der Berichtszeit etwa 200 Gegenstände zur Prüfung ein. Ausserdem wurde dasselbe mit einer grossen Zahl von Anfragen und Auskunftsgesuchen auf verschiedenen Gebieten der Technik in Anspruch genommen.

1. Präzisionsmessungen und wissenschaftliche Untersuchungen für die Reichsanstalt und den Bedarf der Technik.

Die Arbeiten sind folgende:

A) Bestimmung von Theilungsfehlern für die Skale des Bamberg'schen Sphärometers des optischen Laboratoriums. (Wiederholte Untersuchung nach Umarbeitung des Instrumentes.)

B) Prüfung von Mikrometerschrauben, anlässlich der Herstellung einer 70 *mm* langen Schraube in der Werkstatt der Reichsanstalt.

C) Messungen der Gesammtlängen, bezw. der Dicken von
- a) einem in der Reichsanstalt getheilten Stahlmeter,
- b) einem stählernen Halbmeter,
- c) 14 Quarzplatten, zum Theil für das optische Laboratorium,
- d) einem Polarisationsrohre für das optische Laboratorium,
- e) den verschiedenen Dimensionen an dem Stromviereck des Elektrodynamometers der Abtheilung I,
- f) 7 Kaliberkörpern,
- g) 6 Proben sehr feiner Kupferdrähte (mittels Wägung bestimmt),
- h) einer stählernen Skale von 10 *cm* Länge,
- i) zwei zylindrischen Stäben aus Bronze zur Ermittelung der Trägheitsmomente von Magneten für das Königliche magnetische Observatorium in Potsdam. — Bestimmung der Längen und Durchmesser, sowie der Massen.

D) Arbeiten konstruktiven Charakters:

Die Zeichnungen für den beweglichen Theil des neuen Transversalkomparators zu absoluten Längen- und Ausdehnungs-Bestimmungen sind fertiggestellt.

[1]) Kurlbaum, Wien.

[2]) Leman, Blaschke, Goepel.

Die Ausführung wird an J. Wanschaff in Berlin übergeben werden. Die Fundamentirungen im Neubau des Hauptgebäudes sind nach den dafür gegebenen Anweisungen ausgeführt, und die Lieferung der erforderlichen beiden grossen Thermostaten nach besonderen Angaben an O. Habermann in Berlin übertragen worden.

2. Gröbere Messungen für die Reichsanstalt und die Technik.

A) Bestimmung von Theilungsfehlern an

a) 2 Maassstäben mit Theilung auf Spiegelglas,
b) 3 Glasrohren,
c) 1 Messingrohr,
(a–c sämmtlich für Abtheilung I,)
d) 1 Meterstab aus Stahl.

B) Prüfung und Beglaubigung von Gewinden:

Eingesandt wurden insgesammt 20 Bolzen, davon beglaubigt ein Satz von 18 Stück; zwei Stück wurden wegen vorschriftswidriger Beschaffenheit (Härtung) ungeprüft zurückgegeben.

Ausserdem wurden geprüft

zwei Leitspindeln und eine Schraubenkopie.

C) Andere Untersuchungen verschiedener Art:

a) Messung von 10 Fadenzählern und zwei zugehörigen Lehren.
b) Generelle Kalibrirung von 39 Glasrohren behufs Auswahl von 6 Stück zu Widerstandsnormalen geeigneten für die *U. S. Coast & Geodetic Survey.*
c) Bestimmung der Masse und Dichte von Gummibuffern.
d) Prüfung von 2 Sekundenuhren für die Versuchsstation für Heizung und Lüftung an der Technischen Hochschule Charlottenburg.
e) Prüfung von 2 Konsistenzmessern nach dem Patente von Dr. Weiss in Neutomischl.

3. Untersuchung d. therm. Ausdehnung von Materialien.

Es wurden geprüft:

a) 15 Stahlrohre für astronomische Pendel.
b) Die unter 1, C, h erwähnte Skale.

4. Gyrometer.

Es wurden 5 Stück geprüft, liegender Form, sämmtlich für Spezialzwecke.

5. Prüfung und Beglaubigung von Stimmgabeln.

Eingereicht wurden im Ganzen 34 Stück, davon 5 auf Schallkästen; die übrigen 29 waren kleine Handstimmgabeln. Die letzteren sind sämmtlich beglaubigt worden. Die ersteren waren für physikalische Zwecke bestimmt und hatten verschiedenartige Schwingungszahlen. Von ihnen sind drei geprüft, zwei wegen zu geringer Klangdauer ungeprüft zurückgegeben worden.

6. Untersuchungen gehärteten Stahles auf fortschreitende Dimensionsänderungen[1].

Seitens des präzisionsmechanischen Laboratoriums wurden Vorversuche über die fortschreitenden Dimensionenänderungen *gehärteter* Stahlkörper in Angriff genommen, um zunächst Anhaltepunkte für die Anordnung planmässiger Stahluntersuchungen zu erhalten. Von Mittheilung der Versuchsergebnisse und Schlussfolgerungen aus denselben wird zunächst abgesehen, da die Messungen noch nicht ganz abgeschlossen sind.

II. Elektrische und magnetische Arbeiten.

1. Prüfungsarbeiten.

a) Elektrizitätsmesser[2].

Unter den zur Prüfung eingereichten elektrischen Messgeräthen haben in dem Berichtsjahre die Elektrizitätsmesser an Zahl erheblich zugenommen. Es kamen 117 Apparate dieser Art zur Prüfung, 98 derselben wurden mit einem Prüfungsscheine versehen, während 19 Apparate wegen Unregelmässigkeiten im Gange ohne Prüfungsschein den Einsendern unter brieflicher Angabe der Prüfungsergebnisse zurückgesandt werden mussten. Diese Unregelmässigkeiten im Gange, welche für den praktischen Gebrauch die bedenklichsten Fehler sind und unter Umständen ein gänzliches Versagen der Apparate zur Folge haben,

---

[1]) Goepel.
[2]) Feussner, Will, Langhorst.

waren hauptsächlich auf ungenügende Sorgfalt in der mechanischen Anfertigung der Apparate verbunden mit Mängeln ihrer Bauart zurückzuführen.

Eine zweite Art von Fehlern beruht in der Veränderlichkeit der Angaben unter bestimmten äusseren Einflüssen, wie Einschaltungsdauer, Strombelastung, Lufttemperatur, Magnetfeld, Erschütterungen und ähnlichen Umständen. Der wichtigste dieser Einflüsse war immer die Erwärmung des Apparates durch längere Einschaltung und stärkere Strombelastung. Die beobachteten Aenderungen der Konstante, welche auf diesen Einfluss zurückzuführen sind, betragen bei 31 Apparaten zwischen 3 und 6%, bei den übrigen 67 Apparaten unter 3%, im Mittel 2,1%. Es sind Versuche zur Verringerung des Temperatureinflusses in Angriff genommen, dieselben konnten jedoch noch nicht zum Abschluss gebracht werden. Diejenigen Fehler, welche in festen Abweichungen der Konstanten von dem Sollwerthe bestehen, würden durch richtige Arbeitsnormale und geeignete Messmethoden bei der Aichung in der Fabrik leicht auf die für den Gebrauch zulässigen Fehlergrenzen eingeschränkt werden können. Schwierigkeiten entstehen in dieser Richtung eigentlich nur dann, wenn nach dem Ausschalten des Stromes die Beeinflussung des Zählwerkes nicht verschwindet, sondern zu einem gewissen, wenn auch kleinen Betrage bestehen bleibt, welcher während längerer Ruhezeiten leicht zu einer nicht zu vernachlässigenden Grösse anwächst. Die Apparate neuerer Bauart sind von diesen Fehlern meist frei.

b) Strom- und Spannungsmesser für Gleichstrom[1]. Von Strom-, Spannungs- und Energiemessern wurden 80 Apparate seitens 15 verschiedener Firmen zur Prüfung eingereicht. Vier von diesen wurden wegen vorhandener Mängel ohne Schein zurückgegeben, 75 erhielten einen Prüfungsschein, einer wurde beglaubigt.

Die meisten und besten dieser Apparate waren nach dem d'Arsonval'schen Prinzip gebaut. Bei dieser unter dem Vorgange von Weston zu grosser Vollkommenheit entwickelten Bauart übersteigt die Genauigkeit der Angaben die in den Prüfungsbestimmungen der Reichsanstalt für eine Beglaubigung geforderte in den meisten Fällen. Trotzdem sind solche Instrumente seither nicht beglaubigt worden, weil eine Schwächung des permanenten Magnets mit der Zeit nicht ausgeschlossen erschien. Bei 11 im Laufe des Berichtsjahres nach längerem Gebrauche in der Praxis zur Nachprüfung eingereichten Instrumenten konnte indess in Uebereinstimmung mit früheren Erfahrungen eine Aenderung der Angaben nicht festgestellt werden.

c) Normalelemente[2]. Von Normalelementen sind 64 beglaubigt worden.

d) Sonstige Untersuchungen[3]. 7 Arten von Akkumulatoren und 10 Arten galvanischer Elemente wurden untersucht. An einem Kondensator wurde eine Kapazitätsbestimmung vorgenommen, drei Spannungsmesser für Wechselstrom wurden geprüft und eine Maschinenanlage für galvanoplastische Zwecke wurde am Orte ihrer Aufstellung untersucht.

2. Neue Einrichtungen[4]. Die Einrichtungen des elektrotechnischen Laboratoriums wurden, soweit es die zur Zeit verfügbaren Mittel erlaubten, im wesentlichen fertiggestellt. Dabei erfuhren namentlich die Hülfsmittel zur Erzeugung hoher Spannungen eine Vermehrung. Die in früheren Berichten bereits erwähnte, unter Anderem zur Prüfung von Spannungsmessern für hohe Spannung bestimmte Hochspannungsbatterie wurde bis zu 8000 *Volt* ausgebaut und in Betrieb genommen. Die Batterie arbeitet zufriedenstellend und hat bei der Untersuchung von Kabeln und Isolationskörpern auf ihr Verhalten bei hohen Spannungen bereits gute Dienste geleistet.

Für Erzeugung hoher Wechselstromspannungen wurde ein Transformator aufgestellt, welcher bei 10 *Kilowatt* Leistung Spannungen bis 36000 *Volt* liefert.

Die Pläne für die elektrischen Einrichtungen im Hauptgebäude der Abtheilung II wurden ausgearbeitet und mit der Herstellung der Anlage begonnen.

Die Untersuchungen über den Temperaturkoëffizienten der Clark'schen Normalelemente bei niederen Temperaturen[5] sind der Hauptsache nach abgeschlossen und haben

---

[1] Feussner, Will, Langhorst.
[2] und [3] Feussner, Reichardt.
[4] Feussner.
[5] Reichhardt.

eine nahezu lineare Zunahme der elektromotorischen Kraft bei fallender Temperatur ergeben. (vgl. S. 144.)

3. Widerstände und Widerstandsmaterialien[1]).

a) Leitungsmaterial.

In der Berichtszeit wurden auf Grund von 15 Prüfungsanträgen 47 Proben Leitungsmaterial (Kupfer, Siliziumbronze u. s. w.) auf ihre Leitfähigkeit geprüft und zwar gelangten 61 einzelne Stücke Draht, fast durchgängig bei zwei mittleren Temperaturen, zur Messung. Wie früher bestand das Material meist aus Stäben von 7 bis 8 *mm* Durchmesser und war zu Arbeitsdrähten für elektrische Bahnen mit oberirdischer Zuleitung bestimmt.

b) Isolationsmaterial.

An Isolationsmaterialien wurden untersucht 13 Platten (Fiber, Glimmerpappe u. s. w.), 3 Leitungsschnüre, 2 Kurven-Isolatoren für elektrische Bahnen (in diesem Fall war auch die Zerreissfestigkeit zu ermitteln), ferner 8 Porzellan-Isolatoren für ein System einer elektrischen Bahn mit unterirdischer Zuführung. Die letztere Prüfung fand in dem Thermostaten statt, der auch bei der Bestimmung des Temperaturkoëffizienten von Widerstandskästen Verwendung findet; Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt des Innenraums des Thermostaten können leicht variirt werden.

Einer ausführlichen Untersuchung wurde ein System von Isolationsröhren (aus harzgetränkter Papiermasse) unterzogen. Die Messungen erstreckten sich auf die Brennbarkeit der Rohre, falls ein in dieselben eingezogener Leitungsdraht zum Glühen kommt oder ein Lichtbogen im Innern eines Rohres entsteht; ferner war die Isolirfähigkeit der verschiedenen Rohrsorten in feuchtem Sand und in Kalkmörtel zu prüfen. Die Messungen wurden später an einem Material wiederholt, welches auf Grund der früheren Ergebnisse anders imprägnirt ist.

Ferner ist eine ausführliche Untersuchung eines als „Ambroïn" bezeichneten Materials durchgeführt worden.

c) Widerstände.

Die Zahl der geprüften Einzelwiderstände betrug 100, die der Widerstandssätze (Kästen, Kompensationsapparate u. s. w) 23 mit 386 einzelnen Abtheilungen. Von sämmtlichen 123 Apparaten waren nur zwei nach dem legalen, alle übrigen nach dem internationalen *Ohm* abgeglichen; bei mehr als 4/5 der Widerstände diente das Modell der Reichsanstalt entweder genau oder doch mit nur geringfügigen Abänderungen als Vorbild.

Als Material kam zur Verwendung

bei 97 Widerständen	Manganin,
„ 10 „	Konstantan,
„ 12 „	Manganin oder Konstantan?,
„ 2 „	Patentnickel,
„ 2 „	Platinsilber.

Die beiden aus dem zuletzt erwähnten Material gefertigten Widerstände wurden von einer englischen Firma zur Prüfung eingesandt.

Für ausländische Besteller waren nachweislich (nur *ein* Einsender macht in den Prüfungsanträgen regelmässig darüber Angaben) 48 Apparate bestimmt, und zwar gingen 19 nach Amerika, 10 nach England, 8 nach Oesterreich-Ungarn, 5 nach Italien, je 2 nach Dänemark und der Schweiz, und je 1 nach Russland und Schweden. Unter den 100 Einzelwiderständen befanden sich 41 aus Blech bezw. Guss gefertigte, mit Beträgen von 0,01 bis 0,0001 *Ohm* (Strommesswiderstände).

d) Anderweitige laufende Prüfungen.

Ausserdem wurden auf Antrag geprüft

1 Siemens'sches Universal-Galvanometer nebst Zubehör,
1 Siemens'sches astatisches Galvanometer mit siebentheiligem Nebenschluss,
8 Thermo-Elemente (auf ihren Widerstand),
1 Clark'sches Normal-Element,
1 Milli-Voltmeter (auf seinen Widerstand),
1 Telephonbrücke.

Im Ganzen lagen in der Berichtszeit 158 Prüfungsanträge vor.

e) Messungen für den Bedarf der Reichsanstalt.

Für verschiedene Laboratorien beider Abtheilungen der Reichsanstalt wurde eine grössere Zahl Prüfungen von Widerstandskästen und Einzelwiderständen ausgeführt; insbe-

[1]) Lindeck.

sondere wurden die für allgemeine Zwecke des elektrotechnischen Laboratoriums benutzten Einzelwiderstände aus Manganin (13 Stück) nachgemessen. Die Drahtwiderstände (7 Stück) sind sämmtlich in einem Zeitraum von über 2 Jahren innerhalb 0,01 % unverändert geblieben. Die vier Blechwiderstände (2 von 0,001 *Ohm*; 2 von 0,0001 *Ohm*) sind innerhalb 0,05 % konstant geblieben; zwei Widerstände von 0,01 *Ohm* haben sich dagegen in 3³/₄ bezw. 2³/₄ Jahren um 0,1 bezw. 0,4 % geändert. Auf Grund ähnlicher, anderweitiger Erfahrungen wird statt des breiten, nur 0,1 *mm* dicken Bleches für Widerstände dieses Betrages seit einiger Zeit ein schmaleres und entsprechend dickeres Blech verwandt.

f) Gebrauchsnormale. Die jährlich zu wiederholende Vergleichung der Drahtnormale von 1 *Ohm* mit den Quecksilberwiderständen der Abtheilung I, die zuletzt im Januar 1896 stattfand, ist mit dem Ergebniss wiederholt worden, dass die Drahtnormale innerhalb 0,001 % konstant geblieben sind.

Unter den neu beschafften und bereits geprüften Apparaten sind zu erwähnen

1 Präzisions-Widerstandskasten von 0,1 bis 50000 *Ohm*,
1 Doppelbrücke für Leitfähigkeits-Messungen,
1 Widerstand von 0,0001 *Ohm* aus Manganinguss,
1 Vergleichsapparat für Einzelwiderstände.

g) Kundt'sche Widerstände. Die Versuche zur Herstellung von Widerständen nach dem Kundt'schen Verfahren sind in der Berichtszeit wieder aufgenommen worden, da die Chemische Fabrik auf Aktien (vormals E. Schering) in Berlin sich bereit fand, das zu den Versuchen nöthige Material zur Verfügung zu stellen; indessen konnte die Untersuchung noch nicht zum Abschluss gebracht werden.

Das Herstellen der Widerstände geschieht jetzt, analog dem Aufbringen einer Theilung auf Glas, durch Aetzen. Dies Verfahren hat sich gut bewährt und führt viel rascher und sicherer zum Ziel als das früher angewandte Einritzen der Striche mittels Diamanten oder das Einschleifen mittels einer rotirenden Scheibe. Im nächsten Berichtsjahre dürfte die Untersuchung zum Abschluss kommen.

h) Veröffentlichungen. Ueber die erfolgten Veröffentlichungen vgl. den Anhang Nr. 21 und 22. Die daselbst erwähnte Mittheilung von Dr. Lindeck „Ueber die Vergleichung der Widerstandsnormale der „*British Association*" mit denen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt" hat deshalb auch ein allgemeineres Interesse, weil in England der Werth des als gesetzliches Normal für das internationale *Ohm* erklärten Drahtwiderstandes nicht durch Vergleichung mit Quecksilberwiderständen, sondern mit den Widerständen der „*British Association*" bestimmt wurde.

4. Magnetische Untersuchungen[1]). *a) Prüfung magnetischer Materialien.* Während des Berichtsjahres gingen 56 Proben verschiedener Stahl- und Eisensorten zur Prüfung ein; davon wurden 49 in Form von zylindrischen Stäben, 7 in Blechform, und zwar nach der Jochmethode geprüft. Die grösste Anzahl der Stäbe gehörte zu den gegossenen Materialien, für welche verschiedene Bezeichnungen, wie Gussstahl, Stahlguss, Flusseisenguss, gegossener Siemens-Martin-Stahl, Dynamostahl u. a. gebraucht werden.

Kurze Angaben über diese gegossenen Materialien, welche das Gusseisen ganz aus dem Bau von Dynamomaschinen zu verdrängen scheinen, sind bereits in einem Vortrage auf der 4. Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker mitgetheilt worden (vgl. Anh. Nr. 33). Diese und einige weitere inzwischen gemachten Erfahrungen an gegossenen Probestücken seien hier etwas eingehender ausgeführt. Die Magnetisirbarkeit variirt nur wenig, wenn der Zustand sich der Sättigung nähert, also etwa für eine Feldstärke $\mathfrak{H} = 100$ C.G.S. Für 45 Proben betrug der grösste Unterschied der Induktion etwa 8 % und unter Ausschluss einer Probe nur 4 %. Aus diesem Grunde kann man sich für eine vergleichende Beurtheilung der magnetischen Güte auf den Werth der Koërzitivkraft C und des Energie-Umsatzes durch Hysteresis beschränken.

Es fanden sich unter 45 gegossenen Proben

11	Stück	oder	24 %	mit der Koërzitivkraft	1,5	bis	2,0,
20	„	„	44 „	„ „ „	2,1	„	2,5,
6	„	„	13 „	„ „ „	2,6	„	3,0,
8	„	„	18 „	„ „ „	3,1	„	5,3.

[1]) Ebeling, Schmidt.

Die nachfolgende Tabelle enthält einige weitere Daten für die besten Sorten der gegossenen Materialien; dabei sind zum Vergleich zwei Proben des besten weichen schwedischen Schmiedeeisens mitangegeben. Es bedeutet $\mathfrak{B}_{max}$ die höchste beobachtete Induktion $\mathfrak{B}$ für die zugehörige Feldstärke $\mathfrak{H}_{max}$, $\mathfrak{B}_{100}$ den Werth von $\mathfrak{B}$ für $\mathfrak{H} = 100$, C die Koërzitivkraft, $E = \frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{B}\, d\mathfrak{H}$ den Energie-Umsatz durch Hysteresis, $\eta = \frac{E}{\mathfrak{B}_{max}^{1,6}}$ den Steinmetz'schen hysteretischen Faktor, der häufig in der Technik benutzt wird; derselbe soll nach Steinmetz eine empirische Beziehung zwischen der maximalen Induktion und der Energievergeudung durch Hysteresis geben[1]).

Material	$\mathfrak{B}_{max}$	$\mathfrak{H}_{max}$	$\mathfrak{B}_{100}$	C	E	η
Schwedisches Schmiedeeisen	17 990	134	17 400	0,8	6 300	0,0010
„ „	18 020	141	17 300	0,9	7 500	12
Stahlguss	18 020	144	17 300	1,5	11 100	17
„	18 080	139	17 500	1,7	13 600	21
„	18 040	133	17 450	1,9	15 900	25
„	18 000	123	17 500	2,1	18 900	29
Gegoss. Siemens-Martin-Stahl	17 650	124	17 200	1,7	16 400	26
„ „ „ „	18 030	140	17 350	1,8	14 500	23
„ „ „ „	18 030	131	17 530	1,8	12 400	19
„ „ „ „	17 660	130	17 140	1,9	17 500	28
„ „ „ „	18 180	142	17 480	1,9	15 800	24
„ „ „ „	17 920	131	17 430	2,0	13 500	21
Flusseisenguss	17 650	121	17 280	1,5	12 900	21
„	18 230	141	17 540	2,0	14 300	23
„	17 760	121	17 400	2,1	16 500	26

Leider ist Näheres über die Herstellungsart der Materialien nur selten und schwer zu erfahren; es scheint jedoch, dass dieselbe für die Erreichung hoher magnetischer Güte voraussichtlich nicht maassgebend ist. Das eingesandte Material war für die obigen Beobachtungen nur mechanisch bearbeitet worden. Wie bereits in jenem Vortrag hervorgehoben war, konnte man nun aber eine schwedische Stahlgussprobe durch Ausglühen derart verbessern, dass sie dem besten schwedischen Schmiedeeisen kaum noch nachstand. Inzwischen hat sich dies auch an einem deutschen Material bestätigt, wie die folgende Tabelle zeigt.

Material	Zustand	$\mathfrak{B}_{max}$	$\mathfrak{H}_{max}$	$\mathfrak{B}_{100}$	C	E	η
Schwedischer Stahlguss	ungeglüht	17 900	135	17 300	2,5	18 200	0,0029
„ „	geglüht	18 080	126	17 600	1,0	9 750	15
Deutscher Stahlguss	ungeglüht	17 780	130	17 240	2,3	21 000	33
„ „	geglüht	18 430	162	17 440	1,2	11 200	17

Einige andere Stäbe liessen freilich keine wesentliche Verbesserung durch Ausglühen mehr erzielen.

Ueber die abgeschlossenen Untersuchungen an der du Bois'schen Waage vgl. die Veröffentlichung (Anh. Nr. 25).

b) Aichung von Instrumenten zur Untersuchung magnetischer Materialien.

Das Bestreben der nächsten Zeit wird sich auf Instrumente und Methoden zu richten haben, durch welche der Technik die Möglichkeit geboten werde, ihre laufenden Prüfungen selbst auszuführen.

Zunächst ist die Untersuchung des Koepsel'schen Apparates der Firma Siemens & Halske in Angriff genommen. Dieser Apparat beruht, wie der du Bois'sche auf dem Joch-

[1]) Nach neueren Untersuchungen an der Reichsanstalt kann der Faktor η für ein und dasselbe Material nur innerhalb gewisser Grenzen als konstant angesehen werden.

prinzip und benutzt zur Messung der Induktion die Drehung einer vom Strom durchflossenen Spule, die sich in dem Felde des an einer Stelle durchbrochenen Jochbalkens befindet. Die Zurückführung der Angaben dieses Apparates auf absolute Werthe wird wie früher durch Anschluss an das Ellipsoïd geschehen.

c) Fortsetzung der Vergleichung der verschiedenen Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien.

Ueber die im vorigen Bericht aufgeführten Versuche, die dahin zielten, ein möglichst gutes Material für exakte magnetische Messungen zu finden, vgl. die Veröffentlichungen Anh. Nr. 23.

α) Gleichmässigkeit gegossener Materialien.

Die dort angeführten Resultate sind inzwischen durchaus bestätigt worden.

Auch bei den laufenden Prüfungen der Gleichmässigkeit von Stäben durch die elektrische Leitungsfähigkeit bewährten sich die gegossenen Eisensorten besonders gut für exakte Bestimmungen.

β) Berechtigung, die Gleichmässigkeit von Eisen- und Stahlstäben mittels der elektrischen Leitungsfähigkeit zu bestimmen.

Die im vorigen Bericht ausgesprochenen Resultate, inzwischen kurz in *dieser Zeitschrift* veröffentlicht (Anh. Nr. 24), haben sich weiter bestätigt. Unregelmässigkeiten sind nicht mehr aufgetreten, sodass man schliessen darf, dass man ein magnetisch gleichmässiges Material mittels der elektrischen Leitungsfähigkeit leicht herausfinden kann.

Allgemeine Beziehungen zwischen den absoluten Werthen der elektrischen Leitungsfähigkeit und magnetischen Eigenschaften haben sich bisher noch nicht ergeben. Für Stäbe, die demselben Guss entstammten, stimmte die elektrische Leitungsfähigkeit nahe überein; für die verschiedenen gegossenen Materialien schwanken jedoch die Werthe ziemlich stark.

γ) Ausglühen von Eisen- und Stahlstäben.

Als eine Ergänzung zu den Mittheilungen im vorjährigen Bericht hat sich gezeigt, dass ein homogenes Material, das man durch schlechtes Ausglühen ungleichmässig gemacht hatte, selbst durch einwandsfreies Glühen nicht wieder magnetisch homogen wurde.

δ) Bestimmung der Galvanometerkonstante für ballistische Beobachtungen[1].

Normalspulen für die Bestimmung des ballistischen Reduktionsfaktors eines Galvanometers sind mit gutem Erfolge hergestellt worden, nachdem Hartgummi nicht vollkommen zu dem gewünschten Ziele geführt hatte, indem Marmorzylinder verwendet wurden, in welche ein Gewinde eingeschnitten ist. In dieses Gewinde ist ein blanker Kupferleiter als primäre Wickelung gelegt. Von den zwei Spulen von 58 bezw. 83 *cm* Länge und 3,0 bezw. 4,9 *cm* Durchmesser hat die grössere nur Abweichungen des Durchmessers längs der ganzen Spule von 0,3‰, ja in der Mitte auf eine Strecke von 20 *cm* nur 0,04‰.

Für die laufenden Prüfungen ist die Bestimmung der Galvanometerkonstante mittels einer solchen Normalspule zu zeitraubend; man wird deshalb am besten eine andere daran angeschlossene Spule mit grösserer primärer Windungszahl benutzen. Bis jetzt wurde zur Ermittelung der Galvanometer-Konstante entweder ein Kondensator oder ein Weber'scher Magnetinduktor verwendet. Die Bestimmung mittels Kondensators wich von derjenigen mittels Normalspule bei den einzelnen Beobachtungen im Allgemeinen um Werthe ab, die innerhalb der Beobachtungsfehler lagen; doch kamen zuweilen Unregelmässigkeiten vor, die bisher noch nicht aufgeklärt sind. Beim Weber'schen Induktor waren die Stäbe des Doppelmagnets nach der Methode von Strouhal und Barus ausgekocht; es hat sich in der That während einer Reihe von Monaten keine Aenderung des Magnetismus ergeben. Bei genauen Messungen muss der Temperaturkoëffizient der Magnete berücksichtigt werden.

d) Einfluss der Dauer des Ausglühens und der mechanischen Bearbeitung auf die magnetischen Eigenschaften.

Die diesbezüglichen Versuche sind noch nicht abgeschlossen. Doch lässt sich bereits Folgendes sagen. Was die Dauer des Glühens betrifft, so ist es wahrscheinlich, dass ein jedes Material dabei einen, aber für die verschiedenen Materialien ungleichen Endzustand erreicht, der jedoch durch eine mechanische Bearbeitung, wie Abdrehen u. s. w. wieder verloren geht. Wenn die letztere Aenderung auch gering ist, so ist sie doch vorhanden. Wiederholung der Bearbeitung scheint eine weitere Aenderung nicht zu ergeben.

e) Einfluss des Jochmaterials auf die Resultate der Jochmethode.

Die noch nicht abgeschlossenen Versuche lassen erkennen, dass, wenn das Material der Joche magnetisch nicht stark differirt, der Einfluss nur gering ist.

[1]) Ebeling.

(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Ueber die thermische Ausdehnung von Nickel-Stahl-Legirungen und ihre metrologischen Eigenschaften.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Compt. rend.* **124.** *S. 176 u. 752. 1897.*

Nachdem seitens des *Bureau international des Poids et Mesures* bereits in den Jahren 1895 und 1896 an zwei Maassstäben aus Nickelstahl abnorme Ausdehnungskoëffizienten konstatirt worden waren, hat Guillaume eine systematische Untersuchung der thermischen Ausdehnung von zahlreichen Nickel-Stahl-Legirungen vorgenommen, welche ausserordentlich wichtige Resultate ergeben hat. Als Versuchsmaterial dienten neben reinem Nickel und reinem Stahl siebzehn verschiedene Legirungen beider Metalle (zum Theil mit Chromzusatz), welche von den Hüttenwerken der *Société de Commentry-Fourchambault* zur Verfügung gestellt wurden. Die Proben bestanden in reichlich meterlangen, geschmiedeten Barren von ungefähr 25 *mm* im Geviert Querschnitt, auf denen Striche in Meterentfernung aufgebracht wurden. Die Bestimmung der Ausdehnungskoëffizienten erfolgte im Wasserbad bei etwa sechs verschiedenen Temperaturen (der Skale des Wasserstoff-Thermometers) zwischen 0° und 38° durch Vergleichung mit einem Normalmeter. Das Ergebniss ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Legirung %	Mittlerer Ausdehnungskoëffizient zwischen 0° und T^0	Legirung %	Mittlerer Ausdehnungskoëffizient zwischen 0° und T^0
0,0 Ni	$(10{,}354 + 0{,}005\,23\,T)\,10^{-6}$	31,4 Ni	$(3{,}395 + 0{,}008\,85\,T)\,10^{-6}$
5 Ni	$(10{,}529 + 0{,}005\,80\,T)$ „	34,6 „	$(1{,}373 + 0{,}002\,37\,T)$ „
12,2 Ni + 1 Cr	$(11{,}714 + 0{,}005\,08\,T)$ „	36,1 „	$(0{,}877 + 0{,}001\,27\,T)$ „
16,8 Ni + 1 Cr	$(11{,}436 + 0{,}001\,70\,T)$ „	36,4 „	$(1{,}058 + 0{,}003\,20\,T)$ „
19 Ni	$(11{,}427 + 0{,}003\,62\,T)$ „	36,6 „	$(1{,}144 + 0{,}001\,71\,T)$ „
21,8 Ni + 3 Cr	$(17{,}097 + 0{,}009\,74\,T)$ „	37,5 „	$(3{,}457 - 0{,}006\,47\,T)$ „
24 Ni	$(17{,}484 + 0{,}007\,11\,T)$ „	39,4 „	$(5{,}357 - 0{,}004\,48\,T)$ „
26,2 Ni	$(13{,}103 + 0{,}021\,23\,T)$ „	44,4 „	$(8{,}508 - 0{,}002\,51\,T)$ „
28 Ni	$(11{,}288 + 0{,}028\,89\,T)$ „	100 „	$(12{,}661 + 0{,}005\,50\,T)$ „
30,8 Ni	$(4{,}570 + 0{,}011\,94\,T)$ „		

Danach ist die thermische Ausdehnung bis zu 19 % Ni normal. Bis 24 % Ni steigen die Ausdehnungskoëffizienten jäh an, nehmen dann ab und erreichen bei 36 % Ni ein Minimum (etwa ein Zehntel der Ausdehnung des Platins); bei weiter wachsendem Nickelgehalt gehen sie allmählich wieder in normale Werthe über. Einen bemerkenswerthen systematischen Gang zeigen auch die quadratischen Glieder.

Von sonstigen physikalischen Eigenschaften hat Guillaume bis jetzt namentlich diejenigen untersucht, welche für die Verwendung der Nickel-Stahl-Legirungen in der Feintechnik, z. B. bei Maassstabkörpern oder Instrumententheilen, wichtig sind. Die Legirungen sind im Innern ausserordentlich homogen, die bearbeiteten Flächen nehmen vorzügliche Politur an und gestatten die Aufbringung sehr feiner und gut definirter Striche. Die Widerstandsfähigkeit gegen Wasser steigt mit dem Nickelgehalt. Die für die Feintechnik wichtigsten Legirungen mit geringer thermischer Ausdehnung sind schon sehr neutral gegen die Einwirkung selbst warmen Wassers, denn die Güte der aufgebrachten Theilstriche blieb dieselbe, auch wenn die Flächen heissem Dampf ausgesetzt wurden. Die unbearbeiteten Flächen sind dagegen von Dampf leicht angreifbar, ebenso von Chlorwasserstoffsäure, sodass z. B. bei der Verwendung von Löthwasser Vorsicht geboten ist, selbstverständlich auch auf den bearbeiteten Flächen. Die Dichte der Körper mit grosser thermischer Ausdehnung ist grösser, als man nach dem Gesetz der Legirungen erwarten könnte, das umgekehrte findet bei den Körpern mit geringer Ausdehnung statt. Bei letzteren bleibt die Dichte durchweg unter 8,1. (Gussmessing hat etwa 8,2.) Weiterhin ermittelte Guillaume die Elastizitätsmoduln. Ihre Maxima und Minima fallen merklich mit denen der Ausdehnungskoëffizienten zusammen. Für die Legirungen von 30,8 bis 39,4 % Nickelgehalt wurde der Elastizitätsmodul im Mittel

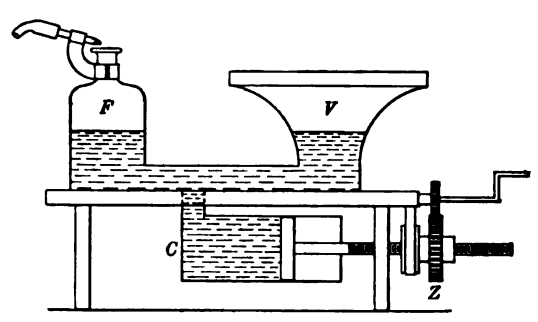
zu 15000 *kg* pro *qmm* gefunden. Ueber die gemeinsamen Gesetzmässigkeiten im Verlauf der Wärmeausdehnung, des Elastizitätsmoduls und der Dichte werden weitere Untersuchungen in Aussicht gestellt.

Weiterhin macht Guillaume einige Mittheilungen über Nachwirkungserscheinungen, welche an den Probekörpern durch wiederholte Erwärmungen derselben hervorgerufen wurden. Die Angaben darüber sind jedoch, bei der Wichtigkeit gerade dieser Eigenschaften, in dem kurzen Bericht nicht ausreichend, um sich ein vollständiges Bild von dem Verlauf und namentlich von der Grösse der Nachwirkungen machen zu können. *G.*

Ueber einen Apparat zur kontinuirlichen und gleichmässigen Veränderung der Tonhöhe.

Von L. W. Stern. *Verhandl. d. physikal. Gesellsch. zu Berlin* ***16.*** *S. 42. 1897.*

Die Leistung des Apparates besteht darin, „dass ein Ton während des Tönens in seiner Höhe innerhalb weiter Grenzen kontinuirlich mit beliebiger Langsamkeit verändert werden kann, dass die Geschwindigkeit der Veränderung eine gleichmässige ist, und dass die jeweilig erreichte Tonhöhe in jedem Moment ablesbar ist“.



Als tönendes Instrument benutzt der Verfasser die angeblasene Flasche, wie sie wohl zuerst von Helmholtz in seinen „Tonempfindungen“ beschrieben wird. Ein Glasröhrchen, das an einem Ende platt zusammengedrückt ist, wird mit dem Flaschenhals fest verbunden und richtet durch den Spalt gegen den Flaschenrand einen Luftstrom. Durch Einfüllen einer Flüssigkeit kann man die Tonhöhe verändern; durch Versuche findet der Verfasser, dass die Schwingungszahl der Quadratwurzel aus der Lufthöhe umgekehrt proportional ist.

Um nun die Tonhöhe gleichmässig verändern zu können, kommunizirt die Flasche *F* (s. die Fig.) mit dem sogenannten Variator *V*, der wegen des soeben ausgesprochenen Gesetzes über die Tonhöhen eine eigenthümliche Form besitzt. Flasche und Variator sind mit Quecksilber gefüllt, das von unten her aus dem zylindrischen Reservoir *C* eintreten kann. Im Zylinder ist ein Kolben durch eine einfache Schrauben- und Zahnradvorrichtung verschiebbar; in das Zahnrad *Z* greifen ein grosses und ein kleines Zahnrad (in der Figur ist nur eins gezeichnet), die durch Kurbeln gedreht werden können. Dreht man eine der Kurbeln in einem gewissen Sinne, so tritt Quecksilber aus *C* aus und, vorausgesetzt dass man gleichmässig dreht, verändert sich auch die Tonhöhe gleichmässig. Je nachdem man die eine oder andre Kurbel dreht, erfolgt die Veränderung schneller oder langsamer. Am Zahnrad und an der Spindel befindet sich eine Theilung, aus der man durch eine Tabelle sofort die zugehörigen Schwingungszahlen angeben kann.

Sehr wichtig ist es, dass die Flasche durch einen konstanten Luftstrom angeblasen wird. Ein Blasebalg ist dafür unbrauchbar. Der Verfasser benutzt eine Luftpumpe, durch die er einen grösseren Kessel mit Luft von 3 bis 6 Atmosphären füllen kann. Am Oeffnungshahn ist ein Reduzirventil angebracht, sodass die Luft mit etwa $^1/_2$ Atmosphäre Ueberdruck ausströmt. Es sei bei dieser Gelegenheit daran erinnert, dass es schon früher Raps (s. *diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 183. 1890*) gelungen ist, Luftströme von grosser Konstanz zum Anblasen von Pfeifen herzustellen. *E. O.*

Zur Theorie der optischen Bilderzeugung mit besonderer Berücksichtigung des Mikroskops.

Von Lord Rayleigh. *Phil. Mag.* ***42.*** *S. 167. 1896.*

Die auf den Grundsätzen der geometrischen Optik aufgebaute Theorie der optischen Abbildung vermag keine vollständige Erklärung der beobachteten Erscheinungen zu geben.

Insbesondere kann die Frage nach der Grenze der Leistungsfähigkeit der optischen Instrumente, inwieweit Aehnlichkeit zwischen Bild und Objekt erzielt werden kann, welches die feinsten mit dem Instrument noch sichtbar zu machenden Strukturen sind, nur ungenügend beantwortet werden. Diese Aufgabe wird erst auf dem Boden der Wellentheorie des Lichts gelöst, indem man die bei der Abbildung auftretenden Diffraktionserscheinungen berücksichtigt. Der Versuch, eine solche umfassendere Theorie der Abbildung für das Mikroskop zu geben, ist fast gleichzeitig von Abbe (*Arch. f. mikroskop. Anat. 1873*) und Helmholtz (*Pogg. Ann. 1874*) gemacht worden. In der vorliegenden Abhandlung setzt nun Verf. zunächst die von diesen Forschern benutzten Methoden auseinander.

Die von Helmholtz auf die Abbildung selbstleuchtender Objekte angewandte Methode beruht auf folgender Auffassung des Problems. In Folge des Beugungseffekts, den die Begrenzung der Strahlenkegel durch das Oeffnungsdiaphragma des Objektivs hervorbringt, wird von jedem leuchtenden Punkt des Objektes in der Bildebene statt eines punktförmigen Bildes ein Beugungsbildchen entworfen, dessen Lichtvertheilung von Gestalt und Grösse der Objektivöffnung abhängt. Die den verschiedenen Objektpunkten entsprechenden Fraunhofer'schen Beugungsbildchen lagern sich ihren Intensitäten nach zu dem Gesammtbild übereinander.

Die Untersuchungen Abbe's beziehen sich auf die Abbildung von nicht selbstleuchtenden Objekten, die in durchfallendem oder reflektirtem Licht beobachtet werden.

Die von der entfernten, zunächst punktförmig angenommenen Lichtquelle kommenden Strahlen erfahren beim Durchgang durch das Objekt Beugungswirkungen, es wird so die Lichtquelle dicht über dem Objektiv nicht als heller Punkt, sondern als das dem Objekt als beugender Schirm entsprechende Fraunhofer'sche Beugungsspektrum abgebildet. Nach dem Huyghens'schen Prinzip bestimmt man dann den Interferenzeffekt, den das Spektrum in der dem Objekt konjugirten Bildebene hervorbringt. Der Theil des Spektrums, der nicht mehr innerhalb der freien Oeffnung des Objektivs liegt, kann auch nicht zum Interferenzeffekt und damit zur Bilderzeugung beitragen. Bei einer ausgedehnten Lichtquelle hat man diese Interferenzbilder für jeden Punkt der Lichtquelle zu bestimmen und ihren Intensitäten nach übereinander zu lagern.

Rayleigh verallgemeinert nun die Helmholtz'sche Methode und macht sie auch für nicht selbstleuchtende Objekte anwendbar. Man hat nur die Phasenverknüpfungen, welche unter den vom Objekt ausgehenden Lichtwellen bestehen, zu bestimmen und demgemäss die Interferenz der Beugungsbildchen in der Bildebene zu berechnen. Nach dieser Methode werden vom Verf. für einige spezielle Fälle die Rechnungen durchgeführt. So wird behandelt die Abbildung eines Doppelpunkts bezw. einer Doppellinie bei rechteckiger Begrenzung der Objektivöffnung, die eines Doppelpunkts auch für kreisförmige Begrenzung; ferner die Abbildung einer Reihe von in gleichen Abständen befindlichen, gleich hellen Punkten bezw. parallelen Linien für rechteckige wie kreisförmige Begrenzung; für letztere wird jedoch nur die Intensitätsvertheilung längs eines Durchmessers des Bildfeldes berechnet, der parallel der Punktreihe bezw. senkrecht zu den Linien des Gitters liegt.

Es wird jedesmal sowohl der Fall eines selbstleuchtenden, wie eines nicht selbstleuchtenden Objektes behandelt, für letzteren Fall jedoch nur eine einfache Art der Phasenverknüpfung vorausgesetzt.

Die Bevorzugung der Helmholtz'schen Methode gründet sich bei Rayleigh auf folgende Ansichten. Er meint, die Anwendbarkeit der Abbe'schen Methode sei auf nicht selbstleuchtende, gitterartige Strukturen beschränkt. Ausserdem trete bei ersterer Methode besser hervor, dass die Theorie des Auflösungsvermögens bei allen optischen Instrumenten im Wesentlichen dieselbe sei. Die Besonderheiten der mikroskopischen Abbildung rührten nur von der aussergewöhnlichen Grösse des Oeffnungswinkels und dem eigenthümlichen Charakter der gewöhnlich verwandten Beleuchtung her. *A. K.*

Trommelrheostat.

Von Friedrich C. G. Müller. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **10.** *S. 12. 1897.*

Der nebenstehende Widerstandsmesser ist eine Weiterbildung des von Hrn. Müller vor 8 Jahren beschriebenen Trommelrheostaten (vgl. *diese Zeitschr.* **9.** *S. 49. 1889*). Auf einer drehbaren Holztrommel von 33 *cm* Durchmesser und etwa 14 *cm* Höhe ist 1,25 *mm* starker Manganindraht in 50 Windungen auf- und abwärts gewickelt. Der Draht ist oben und unten um 1 *cm* starke, mit flachen Nuthen versehene Pflöcke gelegt. Der Drahtanfang sitzt in dem Messingstück *A*. Die Stromzuleitung geschieht von *C* aus durch das in zwei lockeren Windungen um die Mittelsäule geschlungene Kupferseil *B* und die Ableitung durch die starke mit Platin belegte Kupferfeder *G* und die Klemme *H*. Durch die Drehung der Trommel können 0 bis 50 Zehntel *Ohm* eingeschaltet werden. Auf einem Brett unterhalb der Trommel ist ein Widerstand angebracht, um Bruchtheile von 0,1 *Ohm* einschalten zu können. Er besteht aus zwei parallelen an den Messingstücken *C* und *D* befestigten Drähten des nämlichen Materials, die durch den Schieber *E* leitend verbunden sind. Um den Messbereich des Apparates auch nach oben ausdehnen zu können, sind unten auf dem Brette noch einige Widerstandsrollen angebracht. Der Messingriegel *DF* besteht aus Stücken, die durch Stöpsel verbunden sind. Durch Ziehen der Stöpsel werden die betreffenden Rollenwiderstände eingeschaltet. Der Apparat wird von Max Kohl in Chemnitz hergestellt. *H. H.-M.*



Apparat zur Demonstration periodischer Kurven.

Von B. Sresnewsky. *Mitth. d. gelehrt. Ges. d. Universität Dorpat 1896.*

Zur Erleichterung des Verständnisses für die Zerlegung einer periodischen Funktion, z. B. des täglichen Ganges des Luftdruckes, in Theilperioden (Sinus-Reihen) hat Verf. folgenden einfachen Apparat hergestellt. An einem Rahmen (Fig. 1a) hängen 25 mit Bleikugeln beschwerte Fäden, welche den Stundenintervallen eines Tages oder den Intervallen von halben Monaten entsprechen sollen. In diesem Rahmen sind, auf Leisten verschiebbar, über einander drei Kurvenlineale 1, 2 und 3 (die Sinuskurve des einfachen, doppelten und dreifachen Arguments darstellend) so angebracht, dass sie sich um horizontale Achsen a_1, a_2, a_3 drehen können, dadurch die Fäden zur Seite drücken und die Bleikugeln verschieden hoch heben. Durch Neigung um die horizontale Achse wird die Amplitude, durch Längsverschiebung der Leisten die Phase der einzelnen Sinuskurven geändert, und die Verbindungslinie der Bleikugeln zeigt die aus diesen drei Sinusgliedern zusammengesetzte Kurve an. Da die Fäden durch die hohlen Achsen der Kurvenlineale geführt sind (Fig. 1b), so bleiben die Bleikugeln in derselben Vertikal-Ebene, und es lassen sich die Dimensionen der entstandenen Kurve an horizontal ausgespannten Fäden des Rahmens leicht ausmessen.

Verf. hat für denselben Zweck noch ein zweites Modell (Fig. 2) konstruirt, welches jedoch nur die Zusammensetzung von zwei Theilkurven gestatttet. Jede der Bleikugeln ist mit einer kleinen Rolle versehen, sodass der Faden, welcher sie hält, zwei freie Enden hat. Das eine Ende jedes dieser Fäden geht, nachdem es durch einen von 24 am obern Ende

des Rahmens in gleichem Abstande angebrachten Ringe hindurchgeführt ist, an die linke Seite des Rahmens und von hier durch ein für sämmtliche nach links geführte Fäden

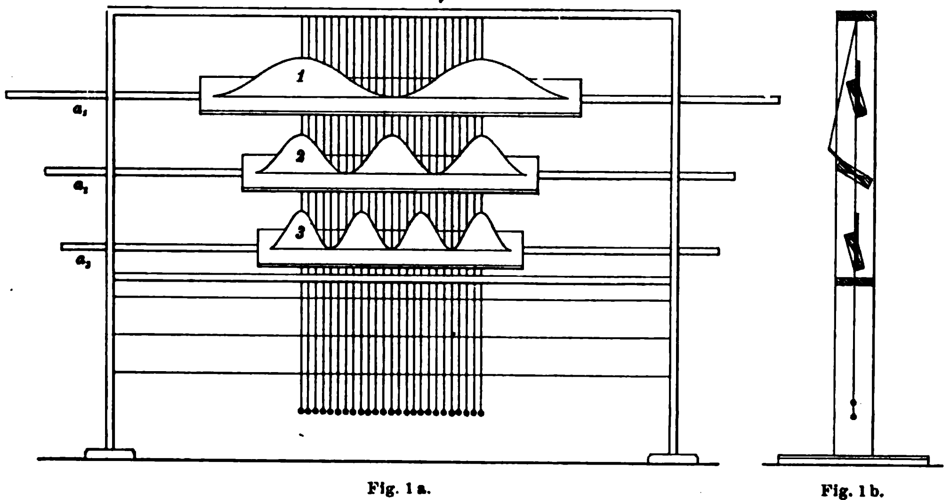


Fig. 1a. Fig. 1b.

gemeinsames Loch nach abwärts zu einem der 24 äquidistanten Knöpfe auf der Peripherie eines Kreisringes. Das andere Ende der Fäden läuft an der rechten Seite des Rahmens in einen Ring mit nur 12 Knöpfen aus, an welche der 1. und 13., 2. und 14. Faden u. s. w. zusammen befestigt sind. Die Fäden bilden also über diesen Ringen Kegelflächen. Neigt man beispielsweise die Grundfläche des linken Kegels, so beschreiben die Bleikugeln eine einfache Sinuskurve, deren Amplitude von der Neigung der Grundfläche und deren Phase von der Drehung um die vertikale Achse des Kegels abhängt. Der rechte Kegel allein liefert durch Neigung eine doppelte Sinuskurve der Bleikugeln, und das Zusammenwirken beider Kegel giebt wie vorhin die gewünschte periodische Funktion. Streng genommen ist diese Zerlegung, bezw. Zusammensetzung der Funktion nur für unendlich lange Fäden richtig; es handelt sich hier aber vorwiegend um einen Demonstrations-Apparat.

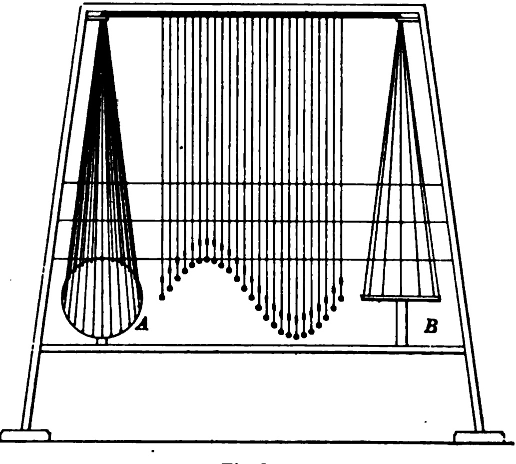


Fig. 2.

Sg.

Neu erschienene Bücher.

S. Gundelfinger, Tafeln zur Berechnung der reellen Wurzeln sämmtlicher trinomischer Gleichungen. gr. 4°. IV, 15 S. Leipzig, B. G. Teubner 1897. 1,40 M.

Wer die Mühsal ausgedehnter numerischer Rechnungen kennt, wird jedes Hülfsmittel zur Erleichterung derselben erfreut begrüssen. Die Gundelfinger'schen Tafeln schaffen solche bei der numerischen Auflösung algebraischer Gleichungen von der Form $x^{m+n}+ex^m=f$, der sogenannten trinomischen Gleichungen. Der Verf. schliesst sich der in Gauss' Werken (*Bd. III. S. 85 bis 96*) beschriebenen auf die Gauss'schen Additionslogarithmen gegründeten Methode an. Während man bisher gezwungen war, den ersten Näherungswerth der Wurzel durch Probiren zu finden, gestattet die vorliegende 4 grosse Quartseiten umfassende Tafel, denselben auf drei Stellen zu entnehmen. Die Gauss'sche Auflösungsmethode besitzt die ganze Schmiegsamkeit der mit den Additionslogarithmen so nahe verwandten goniometrischen

Formeln. Dem entsprechend lässt auch die Hülfstafel eine grosse Variation in der Darstellung zu. Von allen verschiedenen Möglichkeiten scheint nun in der That die geeignetste getroffen zu sein. Es erfordert nämlich der Gebrauch der Tafel eine doppelte Interpolation, deren eine streng linear ist. Von einer zweckmässigen Anordnung wird man verlangen, dass die Differenzen in der nicht linearen Richtung möglichst gleichmässig verlaufen und so klein sind, dass die zweiten Differenzen die Interpolation nicht beeinflussen. Dies ist in der vorliegenden Anordnung erreicht, dagegen durchaus nicht in jeder möglichen von selber erfüllt. Die Differenzen bleiben sämmtlich unter 100, und man wird durch die Interpolation keinen Fehler begehen, der eine volle Einheit der letzten Stelle beträgt.

Beigefügt ist eine übersichtlich eingerichtete Interpolationstabelle für alle Differenzen unter 100, sowie eine vierstellige Tafel der Additionslogarithmen, die zur weiteren Berechnung der Wurzel auf vier Stellen gebraucht wird. Dagegen wird mancher die zu demselben Zweck erforderliche, dazu für sich schon werthvolle, vierstellige Tafel der gewöhnlichen Logarithmen vermissen, die bei dem grossen Format nur eine Seite gekostet hätte. Der Verf. giebt zwar eine Methode an, aus den beigefügten vierstelligen Logarithmen der Zahlen von 1 bis 100 mittels der Additionslogarithmen die Logarithmen aller Zahlen auf 4 Stellen zu berechnen. Aber wenn man weiss, dass hierzu ausser dem eigentlichen Aufschlagen eines Logarithmus mit Interpolation (und zwar mit weit grösseren und unregelmässigeren Differenzen als bei den gewöhnlichen Logarithmen) noch das Entnehmen zweier Logarithmen ohne Interpolation, sowie eine Subtraktion und eine Addition erforderlich ist, so wird man darum eine gewöhnliche Tafel nicht entbehren wollen. Um so mehr vermisst man dieselbe, als der Platz dazu auf der letzten völlig unbedruckten Seite vorhanden ist, zudem breit ausgeführten Erläuterungen nicht weniger als 7 Seiten eingeräumt sind, während doch die eigentlichen Rechnungsvorschriften sich auf wenige Formeln am Kopf der Tafel haben zusammendrängen lassen.

Die genauere Berechnung der Wurzeln aus dem gefundenen ersten Näherungswerth geschieht nach der Gauss'schen Methode unter Zuhülfenahme mehrstelliger Logarithmenwerke. *H. Diesselhorst.*

O. Lewitzky, Ergebnisse der auf der Charkower Universitäts-Sternwarte mit den v. Rebeur'-schen Horizontalpendeln angestellten Beobachtungen. 8°. 63 S. m. 4 Taf. Charkow 1896.

Baisch, Eine Erweiterung des Satzes vom Reversionspendel. 4°. 17 S. Heilbronn 1896. 1,20 M.

J. H. Fabre, *Astronomie élémentaire.* 9. Ausg. 12°. IV, 277 S. m. Fig. Paris 1895.

E. Gérard, *Leçons sur l'Electricité professées à l'Institut électrotechnique Montefiore annexé à l'Université de Liége.* 5. Ausgabe. In 2 Bdn. Bd. I. 8°. XI, 800 S. m. 381 Fig. Paris 1897. 10,50 M.

M. Updegraff, *Flexure of Telescopes.* 8°. 30 S. m. 5 Fig. St. Louis (*Trans. Ac. Soc.*) 1896. 2,00 M.

J. Munro u. A. Jamieson, *Pocket-book of electrical Rules and Tables for use of Electricians and Engineers.* 12. revidirte und vermehrte Aufl. 16°. 708 S. London 1897. Geb. in Leinw. 8,80 M.

S. P. Thompson, Die dynamoelektr. Maschinen. 5. Aufl. 8. u. 9. Heft. Halle, W. Knapp. Je 2,00 M.

C. A. Perkins, *Outlines of Electricity and Magnetism.* 8°. Mit Illustrat. New-York 1896. Geb. in Leinw. 5,50 M.

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik. Hrsg. v. Dr. H. J. Klein. 7. Jahrgang. 1896. Mit 5 Taf. gr. 8°. X, 400 S. Leipzig, E. H. Mayer. Kart. 7,00 M.

L. Sageret, *Les Applications de l'Electricité. Transformations de l'Energie libre.* 8°. 351 S. m. zahlreichen Fig. Paris 1896. 4,50 M.

D. C. Jackson u. J. Price, *Textbook on Electromagnetism and the Construction of Dynamos. Volume II: Alternating Currents and alternating Machinery.* 8°. XVII, 729 S. m. Fig. New-York 1896. Geb. in Leinw. 17,50 M.

Vol. I. 1893. Geb. in Leinw. 9,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

XVII. Jahrgang. **Juni 1897.** Sechstes Heft.

Ueber die Herstellung von Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüllung.

Von

E. Gumlich.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die Cadmiumlinien des sichtbaren Spektrums haben bekanntlich in neuerer Zeit, hauptsächlich in Folge der wichtigen Arbeiten von Michelson über die Vergleichung des internationalen Meter mit der Wellenlänge des Cadmiumlichtes, in der messenden Physik eine hervorragende Bedeutung gewonnen; besonders eignen sie sich wegen ihrer Homogenität zu Interferenzbeobachtungen. Aber auch noch aus einem anderen Grunde sind sie für optische Messungen werthvoll: Seit der Einführung der Arons'schen Quecksilberlampe[1]) verfügt man ja über mehrere ungemein intensive Linien im Gelb, Grün, Blau und Violett, welche den sonst bei Dispersionsbestimmungen u. s. w. benutzten und mit Hülfe von Salzperlen im Bunsenbrenner hergestellten Linien weit überlegen sind, aber leider weist die Vertheilung dieser hellsten Quecksilberlinien bedauerliche Lücken auf. Beispielsweise sind die vier rothen, im Quecksilberlichtbogen erscheinenden Linien ziemlich lichtschwach, und auch zwischen der hellgrünen Linie ($\lambda = 546\,\mu\mu$) und der blauen Linie ($\lambda = 436\,\mu\mu$) ist nur etwa noch die Linie ($\lambda = 492\,\mu\mu$) zu verwenden; diese Lücken werden aber gerade durch die hellsten Cadmiumlinien in glücklicher Weise ausgefüllt.

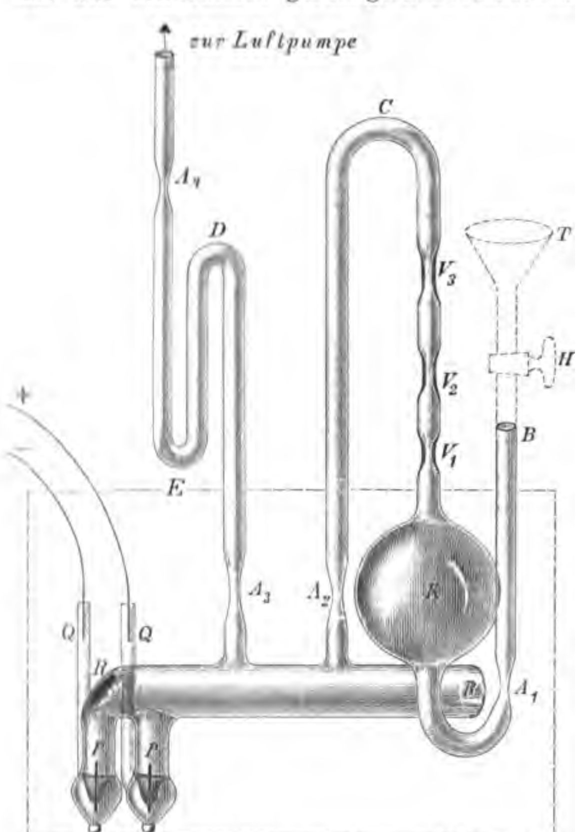
Leider ist es nicht leicht, die Cadmiumlinien einigermaassen intensiv herzustellen: Cadmiumsalze, in Stangenform in das Linnemann'sche Knallgasgebläse eingeführt, geben die Linien ungemein schwach. Wesentlich besser erhält man sie durch Cadmiumamalgam in Geissler'schen Röhren, doch bedarf man dazu eines starken Induktionsapparates und muss ausserdem die Röhren bis auf etwa 300° erhitzen, wodurch leicht Risse an den Einschmelzstellen der Platinpole entstehen. Auch der direkt zwischen Cadmiumpolen überspringende Induktionsfunke zeigt bei Anwendung eines sehr starken Induktoriums und Nebenschaltung einer Batterie Leydener Flaschen die Linien ziemlich hell; aber bei den Arbeiten, für welche die hierbei zu erzielende Intensität genügen würde, ist meist das Intermittiren des Lichtes lästig und strengt die Augen an. Wundervoll glänzend treten die Linien auf im direkten Flammenbogen zwischen zwei Cadmiumpolen, der sich für einen Augenblick ohne Mühe herstellen lässt, wenn man die Pole von jeder Oxydschicht befreit hat; leider erlischt dieser Bogen jedoch regelmässig nach einigen Sekunden dadurch, dass die Pole erweichen, aneinanderbacken und sich ausserdem mit einer Oxydschicht überziehen;

[1]) L. Arons, *Verh. der physikal. Ges. zu Berlin* in *Wied. Ann.* **47.** *S. 767. 1892.*

zudem entwickeln sich dabei dicke, gesundheitsschädliche Dämpfe. Mehrere Versuche, diese Schwierigkeiten zu beseitigen, führten nicht zum Ziele.

Nun hatte Arons unlängst versucht, seine Bogenlampe statt mit Quecksilber, mit Amalgamen zu füllen[1]), darunter auch Cadmiumamalgam, hatte jedoch keine befriedigenden Resultate erzielt: Die Lampen waren mit Kühlung überhaupt nicht zu benutzen und sprangen ohne dieselbe sehr schnell, sodass er zu dem Schlusse kam, „dass das Arbeiten mit Amalgamen in der Lampe sehr misslich sei". Dessen ungeachtet habe ich den von Arons eingeschlagenen Weg weiter verfolgt.

Es zeigte sich hierbei sehr bald, dass die Hauptschwierigkeit in der Beseitigung der bei den Amalgamen auftretenden Oxydschicht besteht. Filtrirt man nämlich das aus vollkommen gereinigten Bestandtheilen hergestellte Amalgam kurz vor der Füllung nochmals in der Luft, so zeigt auch dann, wenn man die Röhre direkt nach dem Einfüllen evakuirt, das Amalgam doch stets nach kurzer Zeit einen grauschwarzen Oxydüberzug, welcher das Zustandekommen des Bogens erschwert; zudem hängt sich das Amalgam an die Glaswände an und bildet eine dauernde Brücke für den Strom, die kaum zu beseitigen ist. Dieselbe Erscheinung, wenn auch in geringerem Maasse, trat ein, als ich das Amalgam im Vakuum herstellte, indem ich zunächst das Cadmium in die Röhre brachte, dieselbe evakuirte und dann erst das Quecksilber in vorher abgemessener Menge mittels einer Hahnzuführung in das Vakuum nachfliessen liess. Schliesslich gelang es, diese Schwierigkeit auf folgendem Wege zu beseitigen.



Die eigentliche Röhre *RR* (vgl. die Fig.) wurde mit zwei Ansatzröhren A_3DEA_4 und A_2CKBT versehen (das scheinbar in der Zeichnungsebene liegende, gestrichelte Stück *BT* der letzteren steht thatsächlich senkrecht dazu); dieselben tragen bei A_1, A_2, A_3, A_4 Abschmelzstellen, bei V_1, V_2, V_3 Verengerungen, bei *K* eine zur Aufnahme des Amalgams bestimmte Kugel und bei *T* einen Trichter mit Hahn. Das Ganze wird nun zunächst mit Kalilauge, Salpetersäure und destillirtem Wasser sorgfältigst gereinigt und getrocknet, was beides bei dieser Anordnung höchst einfach an der Wasserluftpumpe vorgenommen werden kann; sodann wird die Röhre an die Quecksilberluftpumpe angesetzt und evakuirt. Hierbei ist allerdings darauf zu achten, dass der Hahn *H* nur an den beiden Enden, nicht aber auch am mittleren, mit der Bohrung versehenen Theile gefettet wird, da sonst beim Einfüllen des erwärmten Amalgams leicht Fetttheilchen mit ins Innere gelangen können; eventuell verhindern

[1]) L. Arons, *Wied. Ann.* **58**. *S.* 71. 1896.

ein Paar in den Trichter gegossene Tropfen Quecksilber das Eindringen von Luft durch den nicht gefetteten Hahntheil. Sodann wird die Röhre mit der Kugel K und der Abschmelzstelle A_1 in einem Heizkasten, dessen Grundriss in der Zeichnung punktirt angegeben ist, ziemlich stark erhitzt und auch das herausragende, nach oben gerichtete Röhrenende BHT vorsichtig angewärmt. Bringt man nun das inzwischen ebenfalls angewärmte und nochmals filtrirte Amalgam durch den Trichter T und den Hahn H in die Kugel K, so wirkt die Abschmelzstelle A_1 bereits als Filter und es bleibt vor derselben ein mit Oxyd überzogener Amalgamrest hängen, während das Amalgam in K schon sehr schön glänzend aussieht. Nunmehr schmilzt man das Trichterstück bei A_1 ab und evakuirt aufs Neue unter nochmaligem Erhitzen und Neigen der Luftpumpe bezw. Klopfen an der Röhre, sodass auch die im Amalgam noch vorhandenen Spuren von Luft möglichst vollkommen ausgetrieben werden. Hierauf wird die Röhre bei A_4 von der Luftpumpe abgeschmolzen und das Amalgam aus der Kugel K durch die Verengerungen V und A_2 in die Röhre R hineinfiltrirt, wo es ebenso rein und glänzend ankommen muss, wie gut gereinigtes Quecksilber. Schmilzt man nun noch das Kugelstück bei A_2 ab, so ist die Röhre zum Gebrauch fertig. Die Röhren Q, welche ebenso wie die eingeschmolzenen Platindrähte P als Stromzuführungen dienen, werden mit Quecksilber gefüllt, die Röhre wird im Wasserbade erwärmt und das geschmolzene Amalgam durch Neigen der Röhre zum Kontakt gebracht, bei dessen Unterbrechung der Lichtbogen entsteht, der dauernd weiter brennt, wenn die Quantität des Amalgams richtig bemessen war. Da sich dies jedoch vor dem Zustandekommen des Bogens schwer genau beurtheilen lässt, so bemisst man lieber von vorneherein das Amalgam etwas reichlich und wirft den eventuell überschüssigen Theil in die Biegung des Rohres bei E. Dies letztere kann man dann, je nach der Einrichtung des als Kühlbad dienenden Kastens, als Handhabe benutzen oder auch bei A_3 abschmelzen und die Röhre mit einer Klemmvorrichtung innerhalb der Kühlflüssigkeit befestigen.

Während das reine Amalgam von den Röhrenwänden auch bei Erwärmung auf 100° und darüber glatt abfliesst, haftet das während des Brennens von den Polen verspritzte Amalgam fest am Glase und bildet in der Nähe der Pole einen undurchsichtigen Belag. Es ist deshalb rathsam, die Pole an das eine Ende der Röhre zu legen, sodass das andere Ende stets frei bleibt; eine Röhrenlänge von etwa 20 *cm* genügt hierzu vollständig. Der Abstand der beiden Polröhren von einander ist für das Zustandekommen des Bogens nicht sehr wesentlich — ich benutzte meist einen solchen von ungefähr 15 *mm* — ebenso auch der innere, etwa 20 bis 25 *mm* betragende Durchmesser der Röhre RR, doch scheint die Helligkeit bei engeren Röhren etwas grösser zu sein.

Beim Auftreten des Bogens geräth nun hauptsächlich der eine Pol[1]) in starke Wallung, und es zeigte sich, dass die grösste Helligkeit des Cadmiumlichtes von hier ausgeht. Da jedoch das Niveau des Amalgams gerade dort in Folge von Verspritzen u. s. w. leicht etwas sinkt, so würde das von diesem Pole kommende Licht für die Beleuchtung zum grössten Theile verloren gehen; ich habe deshalb an dem Winkel des Rohres über der Kathode ein Stück Wand unter etwa 45° zur Röhrenachse geneigt anbringen lassen und dasselbe versilbert, sodass auch das von unten kommende Licht in Richtung der Röhrenachse austritt; thatsächlich wird hierdurch die Intensität der Linien erheblich vermehrt.

[1]) Nach meinen Versuchen ist dies die Kathode, wie auch Arons in seiner ersten Mittheilung angiebt, während er in seiner zweiten Mittheilung diese Eigenschaft der Anode zuschreibt.

In dem Sinken des Amalgamniveaus am einen Pole liegt aber auch eine Gefahr für die Röhren selbst, indem der innere heisseste Theil des Lichtbogens dem die Pole trennenden Röhrenstück immer näher kommt und dies zum Springen bringt. Es ist deshalb rathsam, den Bogen von Zeit zu Zeit zu unterbrechen und durch Neigen der Röhre das gesunkene Niveau wieder zu heben. Der Versuch, dies Ziel durch zeitweises Umkehren der Stromrichtung zu erreichen, gelingt selten, da der Bogen auch bei raschem Kommutiren meist erlischt.

Zweifellos spielt betreffs der Haltbarkeit der Röhren auch die Kühlung und die chemische Zusammensetzung des Glases eine wesentliche Rolle; es würde sich verlohnen, diesbezügliche Proben mit verschiedenen Glassorten anzustellen.

Als Stromquelle benutzte ich eine zu Beleuchtungszwecken vorhandene Akkumulatorenbatterie von 65 *Volt*; die Stromstärke betrug nach Einschaltung eines passenden Widerstandes etwa 8 *Ampère*, doch lässt sich, wie Arons gezeigt hat, der Lichtbogen auch schon mit geringerem Energieverbrauch dauernd in Gang halten.

Die Intensität der Cadmiumlinien steigt mit der Konzentration des Amalgams. Ein Amalgam aus 90 Gewichtstheilen Quecksilber und 10 Theilen Cadmium ist noch bequem zu handhaben; es ist zwar bei Zimmertemperatur nicht mehr durchweg flüssig, doch lösen sich die festen Theile bei mässiger Erwärmung wieder; bei höheren Konzentrationen hat man mit dem Einbringen des Amalgams durch den Trichter und die Verengerungen wesentlich grössere Schwierigkeiten. Ferner wächst die Lichtstärke mit der Temperatur der Kühlflüssigkeit. Ich verwendete siedendes Wasser und erhielt auch hiermit schon recht helle Linien; ein Versuch mit Glycerin von 180° zeigte jedoch, dass die Intensität der Linien noch bedeutend zugenommen hatte, aber die sich entwickelnden Dämpfe waren hinderlich. Immerhin würde es kaum schwierig sein, diesem Uebelstande durch geeignete Wahl einer hochsiedenden Flüssigkeit bezw. genügenden Abschluss des Bades zu begegnen. Jedenfalls ist die Anwendung einer heissen Kühlflüssigkeit der Verwendung der Röhren in freier Luft, die sie auf die Dauer nicht aushalten, vorzuziehen.

Es möge nun eine Zusammenstellung der Quecksilber- und Cadmiumlinien mit einer geschätzten Angabe ihrer Helligkeit bei Anwendung von siedendem Wasser als Kühlflüssigkeit folgen; 1 bedeutet die grösste Helligkeit; die Wellenlängen sind mit Hülfe des Abbe'schen Spektrometers bestimmt.

	Wellenlänge in $\mu\mu$	Intensität		Wellenlänge in $\mu\mu$	Intensität
Hg	695	5	Hg	503	5
Cd	644	3	Hg	496	6
Hg	623	4	Hg	492	3
Hg	613	4	Cd	480	3
Hg	607	5	Cd	468	3,5
Hg	579	1	Hg	436	1
Hg	577	1	Hg	435	4
Hg	568	5	Hg	434	4
Hg	546	1	Hg	408	3
Cd	538	5	Hg	405	3
Cd	515	5	Hg	398	5
Cd	509	2			

Es erreicht hiernach die Intensität auch der hellsten Cadmiumlinien diejenige der vier hellsten Quecksilberlinien keineswegs; jedoch ist dabei zu berücksichtigen, dass namentlich die von der Arons'schen Quecksilberlampe gelieferte grüne Linie

($\lambda = 546$) wohl das hellste monochromatische Licht darstellt, das wir überhaupt kennen und mit welchem sich nur das im Knallgasgebläse erzeugte Natriumlicht vergleichen lässt. Die mit der Intensität 1 bis 3 bezeichneten Linien sind für Beleuchtungs- und Interferenzzwecke noch recht wohl zu verwenden, die Linien von der Intensität 4 bis 5 reichen zur Bestimmung von Brechungsexponenten nach der Prismenmethode noch bequem aus. Dass die Anzahl der von mir beobachteten Quecksilberlinien etwas geringer ist als die Zahl der von Arons beobachteten, liegt jedenfalls an der geringeren Temperatur der Kühlflüssigkeit, ist aber für die meisten optischen Zwecke vortheilhaft, da man meist doch nur die hellsten Linien verwenden und die übrigen beseitigen wird.

Einige weitere Versuche erstreckten sich auf Kalium-, Zinn- und Zink-Amalgam. Die Herstellung von gut funktionirenden Röhren der beiden ersten Arten bietet keinerlei besondere Schwierigkeiten, wenn man sich beim Kaliumamalgam auf eine Konzentration von etwa 1%, beim Zinnamalgam auf eine solche von 4 bis 5% beschränkt; leider aber fand ich die Erfahrung von Arons bestätigt, dass sich bei Anwendung einer Kühlflüssigkeit die Kalium- und Zinnlinien überhaupt nicht zeigen; ich sah deshalb von einer Fortsetzung dieser Versuche bald ab. Dagegen gelang die Herstellung der Zinklinien recht gut, wenn auch nicht so leicht, als diejenige der Cadmiumlinien. Noch mehr als beim Cadmium muss man nämlich beim Zink auf absolute Sauberkeit von Röhren und Amalgam achten; zudem ist die Füllung der Röhren mit hochprozentigem Amalgam schwieriger, weil dies noch früher erstarrt als Cadmiumamalgam. Ich beschränkte mich daher auf 4 bis 5% Amalgam und erhielt folgende Linien, welche an Helligkeit denjenigen der Cadmiumlinien nicht wesentlich nachstehen.

Wellenlänge in $\mu\mu$	Intensität	Wellenlänge in $\mu\mu$	Intensität
636	3	480	6
508	3	472	3
481	2,5	468	3,5

Allerdings scheint es, als ob die Röhren mit Zinkamalgam besonders stark zum Springen neigten, was vielleicht auf die von anderer Seite gemachte Erfahrung zurückzuführen ist, dass Zinkamalgam das Glas leicht angreift. Da im Uebrigen die Zinklinien im Spektrum nahezu dieselbe Lage haben, wie die hellsten Cadmiumlinien, so ist schon aus diesem Grunde die Anwendung von Cadmiumamalgam-Röhren vorzuziehen.

Charlottenburg, April 1897.

Die Lichtstärke der Beugungsbilder in absolutem Maass.

Von

Karl Strehl, K. Gymnasiallehrer zu Weissenburg a. S.

Gelegentlich der Berathungen über das Archenhold'sche Riesenfernrohr wurde in einem Vortrag die Helligkeit optischer Bilder berührt und als Ergebniss der geometrischen Optik folgendes hingestellt: „Bedeutet $\mathfrak{r}$ den Radius des Objektivs und p dessen Brennweite, so ist die Helligkeit für Flächen-, Strich- und Punktgebilde entsprechend $\mathfrak{r}^2/p^2$, $\mathfrak{r}^2/p$ und $\mathfrak{r}^2$, woraus hervorgeht, dass ein Vergrössern der Dimensionen

unter Beibehaltung des Oeffnungsverhältnisses im Allgemeinen nur für Strich- und Punktgebilde einen Gewinn an Helligkeit mit sich bringt." Ich bin auf Grund von beugungstheoretischen Studien zu genaueren — zum Theil abweichenden — Feststellungen gelangt, und da es ohnehin der Abschluss der Untersuchungen über aplanatische Abbildung erfordert, so sei mir gestattet, dieses Thema hier eingehend zu erörtern.

Zunächst müssen wir uns fragen, was wir überhaupt unter der gesammten Lichtmenge bezw. stellenweisen Lichtstärke eines optischen Bildes verstehen wollen. Wenn wir uns nicht auf gewagte Hypothesen über die Natur des Lichtäthers, der Strahlung von selbstleuchtenden und beleuchteten Flächen einlassen wollen, dann können wir meiner Ueberzeugung nach diese Begriffe in folgender Weise mit Rücksicht auf die verschiedene Beschaffenheit wechselnder optischer Medien streng definiren.

Betrachten wir durch ein optisches Instrument z. B. einen Planeten und ziehen nach den Regeln der geometrischen Optik von jedem Punkte des Objektes zu jedem Punkte des Bildes alle möglichen Strahlen; diesem nur in der Vorstellung bestehenden geometrisch streng begrenzten Strahlenkomplex entspricht in Wirklichkeit ein vom Planeten bis zur Netzhaut sich hinziehendes, weniger streng begrenztes — sozusagen ausgefranztes — nach den Regeln der Beugungstheorie zu bestimmendes Lichtgewebe. Den Durchschnitt dieses Lichtgewebes mit einer beliebigen Fläche nennen wir „optisches Bild"; was man gewöhnlich optische Bilder nennt, das sind bloss besonders ausgezeichnete Durchschnitte des Lichtgewebes mit den Brennebenen. Wiewohl ein solches Lichtgewebe bei stetiger Strahlung als eine stehende Bewegung aufgefasst werden kann, insofern jedes Aetheratom periodisch die nämlichen Schwingungen vollführt, so stellt es doch in Wirklichkeit einen „Transport von Energie" vom Planeten bis zur Netzhaut dar. Da nun erfahrungsgemäss auf dem ganzen Wege keine Stauung des Lichtes eintritt, so muss durch jeden beliebigen Querschnitt in jeder Sekunde die nämliche Menge Energie hindurchtransportirt werden. Die in 1 Sek. durch das „optische Bild" hindurchtransportirte, z. B. in einen absorbirenden Körper eintretende Menge Energie nennen wir „gesammte Lichtmenge des optischen Bildes". Dividirt man den auf ein Flächenelement E des Querschnittes durch das Lichtgewebe treffenden Energiebetrag e durch ersteres, so erhält man die „stellenweise Flächendichte $\varepsilon = e/E$ der Energie".

Wir wollen nun unter ε stets die über den ganzen Querschnitt konstante Flächendichte der Energie in der Oeffnungsebene des Objektivs verstehen; diese zu messen ist eine Sache der praktischen Physik, wie z. B. die Messung der Energie der Sonnenstrahlung. Da aber ε der scheinbaren Bildfläche des Planeten proportional ist, so setzen wir für kreisförmige Objekte $\varepsilon = \varepsilon_1 . \mathfrak{S}^2 \pi$ bezw. für rechteckige Objekte $\varepsilon = \varepsilon_1 . \mathfrak{L}\mathfrak{B}$, wobei ε_1 nur noch vom spezifischen Strahlungsvermögen des Himmelskörpers abhängt, von seiner scheinbaren Grösse aber (also auch von seiner Entfernung) unabhängig ist. Bezeichnen p die Brennweite, σ den linearen Radius des Planetenbildes bezw. l und b lineare Länge und Breite in der Brennebene, so ist $\sigma = p\mathfrak{S}$ bezw. $l = p\mathfrak{L}$ und $b = p\mathfrak{B}$; es sind also $\mathfrak{S}, \mathfrak{L}, \mathfrak{B}$ Winkelgrössen in absolutem Maass ($360^0 = 2\pi$) und wir setzen bei der ganzen Betrachtung nur voraus, dass $\mathfrak{S}, \mathfrak{L}, \mathfrak{B}$ so klein sind, dass man sin und arc vertauschen bezw. $\cos = 1$ setzen kann; dies trifft für die Beobachtung von Himmelskörpern auch zu; nichts destoweniger haben Sonne und Mond eine solche Winkelgrösse, dass man sie für „beugungstheoretisch unendlich gross" ansehen kann, da es sich bei Beugungsbildern stets um wenige Vielfache bezw. meistens nur Bruchtheile von $1''$ handelt.

Die Beugungstheorie hat nun die Flächendichte der Energie an den einzelnen Stellen des optischen Bildes in der Brennebene aus der Flächendichte der Energie in der Oeffnungsebene abzuleiten. Erstere ist für das geometrisch-optische Bild gleich dem Ausdruck

$$\varepsilon \cdot \frac{\textit{Fläche des Objektives}}{\textit{Fläche des geometrisch-optischen Bildes}} = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2};$$

für das Beugungsbild erhält man die Flächendichte der Energie, indem man die *„absolute Flächendichte des geometrisch-optischen Bildes“* multiplizirt mit der *„relativen Flächendichte des Beugungsbildes“* und zwar zunächst in der Mitte desselben. Letztere ergiebt sich aus Integrationsbetrachtungen, wegen deren ich auf meine „Theorie des Fernrohrs“ *S. 91 u. ff.* verweisen muss. Für andere Stellen des Beugungsbildes lassen sich die Werthe mit Hülfe meiner Abhandlung „Beugungsbilder und deren Messung“ (*diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 257. 1896*) durch einfache Proportionen finden.

Diese Betrachtungen gelten zunächst nur für die Beugungsbilder *selbstleuchtender* Objekte. Um die Flächendichte der Energie von Beugungsbildern *beleuchteter* Objekte zu finden, hat man aus obiger Abhandlung statt der Werthe $\mathfrak{M}$ vielmehr die Werthe M^2 zu entnehmen; dabei sind die Werthe der Tabelle GGM^2 mit $3\pi/8$ zu multipliziren, damit die innere Uebereinstimmung der Resultate herbeigeführt wird, wie sich aus theoretischen Betrachtungen — die ich am Schlusse zusammengestellt habe — schliessen lässt.

Im Folgenden sind also die Flächendichten der Energie für die *Mitte* der Beugungsbilder von selbstleuchtenden und beleuchteten Objekten aufgestellt; dabei bedeuten J_0 und J_1 die bekannten Bessel'schen Funktionen und $Z = \frac{2\pi \mathfrak{r} \sigma}{\lambda p}$ bezw. $B = \frac{2\pi \mathfrak{r} b}{\lambda p}$ Radius bezw. Breite des geometrisch-optischen Bildes in numerisch-theoretischem Maassstab.

Kreisscheiben.

a) selbstleuchtende:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{\sigma^2 \pi} \cdot \mathfrak{M}(Z) = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2} \cdot (1 - J_0^2 - J_1^2),$$

b) beleuchtete:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{\sigma^2 \pi} \cdot M^2(Z) = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2} \cdot (1 - J_0)^2.$$

Ein Beispiel möge die Sache erläutern: Es sei $\mathfrak{r} = 50$ *mm* der Halbmesser des Objektivs, $p = 1000$ *mm* die Brennweite, $\lambda = 1/2000$ *mm* die Wellenlänge; ferner sei der scheinbare Halbmesser des Planeten 1″; alsdann ist zunächst $Z = 3{,}05$ und $(1 - J_0^2 - J_1^2) = 0{,}82$ bezw. $(1 - J_0)^2 = 1{,}27^2 = 1{,}62$; weiter ergiebt sich $\frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2} = 0{,}007\,854$; da endlich $\mathfrak{S} = \frac{2\pi}{1\,296\,000}$ ist, so wird ε_1 demnach 13 542 800 000-mal so gross als ε; hieraus finden wir, dass die Konzentration der Energie in der Mitte des Bildes für das geometrisch-optische Bild eine 106 370 000-fache, für das Beugungsbild im ersten Fall eine 87 220 000-fache, im zweiten Fall eine 172 370 000-fache ist, gegenüber der Flächendichte in der Oeffnungsebene.

Die Helligkeit des Beugungsbildes *grösserer* Scheiben ist von der scheinbaren Grösse wenig abhängig und wächst mit zunehmendem Radius immer langsamer; im Uebrigen hat sie die Dimension $\left(\frac{\mathfrak{r}}{p}\right)^2$ entsprechend den Lehren der geometrischen Optik.

Punkte.

Selbstleuchtende und beleuchtete:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{\sigma^2 \pi} \cdot \frac{Z^2}{4} = \varepsilon_1 \cdot \mathfrak{S}^2 \pi \cdot \left(\frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{\lambda p}\right)^2.$$

Die Helligkeit punktförmiger Gebilde ist natürlich zur scheinbaren Fläche proportional, jedoch im Gegensatz zu den Lehren der geometrischen Optik nicht proportional zum Ausdruck $\mathfrak{r}^2$, sondern vielmehr von der Dimension $\frac{\mathfrak{r}^4}{\lambda^2 p^2}$.

Ganze Geraden.

a) selbstleuchtende:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 l b} \cdot \frac{8 B}{3 \pi^2} = \varepsilon_1 \cdot \mathfrak{B} \cdot \frac{16 \mathfrak{r}^3}{3 \lambda p^3},$$

b) beleuchtete:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 l b} \cdot \frac{8 B}{3 \pi^2} \cdot \frac{3 \pi}{8} = \varepsilon_1 \cdot \mathfrak{B} \cdot \frac{2 \mathfrak{r}^3 \pi}{\lambda p^3}.$$

Die Helligkeit strichförmiger Gebilde ist natürlich zur scheinbaren Breite proportional, dagegen von der scheinbaren Länge (in erster Annäherung) unabhängig und im Gegensatz zu dem aus der geometrischen Optik sich ergebenden Ausdruck $\frac{\mathfrak{r}^2}{p}$ vielmehr von der Dimension $\frac{\mathfrak{r}^3}{\lambda p^3}$. Eine Verdoppelung des Objektivdurchmessers bei unveränderter Brennweite würde also einerseits Punktgebilde 16-mal, andererseits Strichgebilde 8-mal so hell erscheinen lassen, während aus der geometrischen Optik beidemal 4 als Faktor folgen würde.

Halbebenen.

a) selbstleuchtende:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 l b} \cdot \frac{1}{2} = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 p^2} = \frac{1}{2} \text{ der vollen Flächendichte,}$$

b) beleuchtete:

$$\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 l b} \cdot \frac{1}{4} = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{4 p^2} = \frac{1}{4} \text{ der vollen Flächendichte.}$$

Die Formeln sind für den *Rand* des geometrisch-optischen Bildes maassgebend.

Die Helligkeit sehr grosser Bilder, z. B. von Sonne und Mond ist von der scheinbaren Grösse gänzlich unabhängig und ausserdem von der Dimension $\left(\frac{\mathfrak{r}}{p}\right)^2$; es ist dies zugleich der einzige Punkt, in dem die Lehren der Beugungstheorie und jene der geometrischen Optik übereinstimmen.

Chromatische und sphärische Abweichung.

Die chromatischen und sphärischen Abweichungen haben natürlich auf die Helligkeit der Bilder einen bedeutenden Einfluss; nicht sowohl auf die *durchschnittliche* Helligkeit des Beugungsbildes im Ganzen, als vielmehr auf die *spezifische* Helligkeit (d. h. die Helligkeitsunterschiede) der feinsten Strukturelemente. Wird dadurch einerseits die Sichtbarkeit isolirter Bildelemente, z. B. von Planetentrabanten u. s. w. herabgedrückt, so wird andererseits das Definitionsvermögen des Objektivs verringert. Diese Schädigung des Auflösungsvermögens kann aber doppelter Art sein, wie ich im Folgenden näher auseinandersetzen will.

Wenn auch die absolute Höhe der den isolirten Elementen entsprechenden Lichtgebirge (indem man die stellenweise Helligkeit des Beugungsbildes durch eine Ordinate ausdrückt, wodurch das Beugungsbild einer Gebirgslandschaft ähnlich wird) in der Mitte bereits merklich verringert, die Helligkeit also bereits merklich geschwächt ist, so kann doch der seitliche Abfall noch ein derartiger sein, dass bei Uebereinanderschiebung zweier benachbarter Beugungsbilder eine merkliche Aenderung der absoluten Grenze des Auflösungsvermögens noch nicht eintritt. Wie ich mich durch eine besondere Rechnung überzeugte, ist dies z. B. der Fall bezüglich der chromatischen Abweichung des Reinfelder'schen Objektives zu Monrepos[1]); was jedoch an Masse dem Lichtgebirge in der Mittte abgetragen worden, muss nothwendig am Fusse als gleichsam angeschwemmt erscheinen. Dadurch werden die *Helligkeitsunterschiede* benachbarter Strukturelemente bedeutend verringert und — während das absolute Auflösungsvermögen als solches noch nicht vermindert erscheint — die Ausnutzung desselben durch das beobachtende Auge infolge der begrenzten Empfindlichkeit desselben zum Theil unmöglich gemacht, zum Theil erschwert. Es kann dieser Vorgang mit dem Namen „Verschleierung des Bilddetails“ bezeichnet werden, was anderwärts als „Weichheit des Bildes“ u. dgl. gekennzeichnet wird.

Wenn jedoch die absolute Höhe der Mitte des Lichtgebirges noch weiter, also bedeutend herabgeht, dann tritt allmählich eine vollständige Deformation desselben ein; der seitliche Abfall wird nun ein solcher, dass bei Uebereinanderlagerung zweier benachbarter Beugungsbilder auch die absolute Grenze des Auflösungsvermögens weiter und weiter hinausgeschoben wird. Hierauf haben wir nicht näher einzugehen, da ja jeder Optiker so starke Fehler hintanzuhalten suchen wird.

Diese beiden Vorgänge treten übrigens infolge der chromatischen Abweichung in der Brennebene des Minimalfokus gleichzeitig auf. Während die Bilder der zur hellsten Spektralstelle, welcher der Minimalfokus entsprechen soll, benachbarten Farben zunächst nur relativ an „*Verschleierung des Details*“ leiden, geht diese dagegen für die Bilder entfernterer, lichtschwächerer Farben allmählich in eine „*Verringerung des absoluten Auflösungsvermögens*“ — bis zu dessen vollständiger Vernichtung — über. Da alle diese Bilder zugleich mit dem in gewissem Sinn „*vollkommenen*“ der hellsten Spektralstelle zusammenfallen, so ist aus dieser Betrachtung ersichtlich, was das Wesen in der Wirksamkeit der Abweichung ausmacht, die man gewöhnlich mit dem Namen „*sekundäres Spektrum*“ bezeichnet.

Zum Schlusse mögen wir uns fragen, welche Schwingungszustände der Aethermasse den oben bezeichneten „optischen Bildern“ zu Grunde liegen. Den entschiedensten und zugleich völlig entgegengesetzten Ausdruck werden wir hierbei einerseits in der Eintrittspupille (Oeffnungsebene) bezw. Austrittspupille (Ort des Auges), andererseits in der Brennebene bezw. Netzhaut finden.

In der Eintrittspupille werden die einzelnen Aetheratome sämmtlich kongruente Schwingungen vollführen, aber nicht nur parallel zur Oeffnungsebene, sondern innerhalb eines Kegels von der scheinbaren Grösse des Planeten in allen möglichen Richtungen und zwar nach Amplitude, Periode (Wellenlänge und Wegdifferenz) und Polarisation sowie Kohärenz bezw. Inkohärenz verschieden (also in sehr komplizirten räumlichen Schwingungsfiguren) und demnach zwar unter sich kongruente Strahlenkegel, aber solche mit unregelmässiger Vertheilung der Strahlung aussenden.

In der Brennebene werden die einzelnen Aetheratome nach Amplitude, Periode,

---

[1]) Vgl. meine Abhandlung „Ueber die Farbenabweichung u. s. w.“ *Diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 77. 1897.*

Polarisation und Kohärenz bezw. Inkohärenz mehr oder minder verschieden schwingen, aber sämmtlich in erster Annäherung parallel zur Brennebene und demnach zur Entstehung von zwar unter sich in aller möglichen Weise verschiedenen Strahlenkegeln, aber solchen mit durchaus regelmässiger Ausbreitung der Strahlung Veranlassung geben.

In anderen Querschnitten wird eine mehr oder minder komplizirte Mischung dieser beiden Grenzzustände eintreten, ohne dass man dieselbe noch in übersichtlicher Weise auseinanderhalten könnte.

Theoretischer Anhang.

Die Werthe $\mathfrak{M}$ bezw. M in meiner Abhandlung „Beugungsbilder und deren Messung“ wurden gewonnen durch Integration über die durch 4π zu dividirenden Funktionen $\left(\frac{2J_1}{Z}\right)^2$ bezw. $\frac{2J_1}{Z}$ innerhalb der Grenzen des über die Funktionsebene zu verschiebenden geometrisch-optischen Bildes; die Werthe M^2 entstehen durch Quadriren der Werthe M. Da nun

$$\int_0^\infty \left(\frac{2J_1}{Z}\right)^2 \cdot 2\pi Z dZ = \int_0^\infty \frac{2J_1}{Z} \cdot 2\pi Z dZ = 4\pi$$

ist, so folgt einerseits aus der Gleichheit der Masse des Beugungsbildes und des geometrisch-optischen Bildes für kreisförmige Objekte

$$\int_0^\infty \mathfrak{M} \cdot 2\pi Z dZ = \int_0^\infty M \cdot 2\pi Z dZ = Z^2\pi;$$

andererseits ergiebt sich aus der Gleichheit der Gesammtenergie des Beugungsbildes von selbstleuchtenden und von beleuchteten kreisförmigen Objekten nothwendig

$$\int_0^\infty \mathfrak{M} \cdot 2\pi Z dZ = \int_0^\infty M^2 \cdot 2\pi Z dZ = Z^2\pi;$$

die Gesammtenergie des Beugungsbildes kreisförmiger Objekte in der Brennebene wird demnach

$$\varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2\pi}{p^2} \cdot \int_0^\infty \mathfrak{M} \cdot 2\pi\sigma d\sigma \text{ bezw. } \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2\pi}{p^2} \cdot \int_0^\infty M^2 \cdot 2\pi\sigma d\sigma = \varepsilon \cdot \mathfrak{r}^2\pi;$$

letzteres ist aber, wie es natürlich sein muss, die Gesammtenergie der Oeffnungsebene.

Die Werthe $GG\mathfrak{M}$ bezw. GGM und GGM^2 in obiger Abhandlung sind zunächst wegen

$$\int_0^\infty \left(\frac{2J_1}{Z}\right)^2 \cdot dZ = \frac{16}{3\pi} \text{ bezw.} \int_0^\infty \frac{2J_1}{Z} \cdot dZ \gtreqless 2$$

je mit $\frac{32}{3\pi}$ bezw. beide mit 4 multiplizirt zu denken, während die genannten Reihen des Quadrirens wegen je mit 1 beginnen; aus obigen Erwägungen folgt

$$4 \cdot \textit{Reihensumme}\ GGM = 4 \cdot \textit{Reihensumme}\ GGM^2 = \frac{32}{3\pi} \cdot \textit{Reihensumme}\ GG\mathfrak{M};$$

während vielmehr für die Beugungsbilder ganzer Geraden sein muss

$$\int_{-\infty}^{+\infty} M \cdot dB = \int_{-\infty}^{+\infty} M^2 \cdot dB = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathfrak{M} \cdot dB = B;$$

also sind die Werthe GGM und GGM^2 gegenüber den Werthen $GG\mathfrak{M}$ um den Faktor $3\pi/8$ zu klein, müssen demnach, um den Fall beleuchteter ganzer Geraden auf den Fall selbstleuchtender zurückzuführen, im Verhältniss $3\pi/8$ vergrössert werden. Ausführlich könnte man schreiben:

Ganze Geraden:

selbstleuchtende $\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 l b} \cdot \mathfrak{M} = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2} \cdot \left\{ \frac{1}{4 \pi} \cdot \frac{32}{3 \pi} \cdot (GG \mathfrak{M}) \cdot B \right\}$,

beleuchtete $\varepsilon \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{2 l b} \cdot M^2 = \varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2} \cdot \left\{ \frac{1}{4 \pi} \cdot 4 \cdot (GG M^2) \cdot B \right\}$,

Gesammtenergie $\varepsilon_1 \cdot \frac{\mathfrak{r}^2 \pi}{p^2} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} dL \int_{-\infty}^{+\infty} dB \cdot \mathfrak{M}$ bezw. $M^2 = \varepsilon \cdot \mathfrak{r}^2 \pi$,

wodurch die Formeln für ganze Geraden in ihrem Bau durchsichtiger werden.

Das Integral $\int_0^\infty \frac{2 J_1}{Z} \cdot dZ$ habe ich im Bereich der Tabellen Bessel'scher Funktionen sowohl durch mechanische Quadratur als auch durch die Transformation

$$\int_0^Z \frac{2 J_1}{Z} \cdot dZ = \Big\{ -2 J_1 + 4 \cdot (J_1 + J_3 + J_5 + \ldots) \Big\}_0^Z$$

ausgewerthet und mit einem Fehler $\leqq 0{,}005$ den Werth 2 gefunden.

Vorstehende theoretische Betrachtungen werden durch numerische Quadratur, freilich infolge des beschränkten Zahlenmaterials mit einer naturnothwendigen Fehlergrenze vereinzelt bis $10^0/_0$, bestätigt. Ich halte also nicht nur für *selbstleuchtende*, sondern auch für *beleuchtete* Objekte das Problem der Helligkeitsbestimmung der Beugungsbilder für gelöst und schliesse hiermit meine Studien über aplanatische Abbildung.

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1896 bis 31. Januar 1897.

(Fortsetzung von S. 154.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme- und Druckmessungen.

Uebersicht über die laufenden Prüfungen.

In der Zeit vom 1. Februar 1896 bis 31. Januar 1897 sind geprüft worden

14062 Thermometer,
272 Apparate für Petroleumprüfung,
4230 Legirungsringe,
10 Federmanometer,
27 Barometer,
34 einzelne Le Chatelier'sche Thermoelemente und
etwa 6 *kg* Platin- bezw. Rhodium-Platin-Draht zu solchen.

Ferner wurden untersucht

7 verschiedene Apparate,
5 Metallgemische auf Schmelzpunkte,
6 Petroleumsorten bezw. Gemische auf verschiedene Eigenschaften,
2 Sorten rauchschwaches Pulver auf spezifisches Gewicht,
4 Sorten Kruppinband auf spez. Wärme.

1. Anzahl der geprüften Thermometer[1].

Von den geprüften Thermometern waren

12390 gewöhnliche ärztliche oder ärztliche Maximumthermometer,
19 ärztliche Thermometer mit Eispunkt (zur Beglaubigung),
53 Immisch'sche Zeigerthermometer,
510 Normalthermometer mit Korrektionsangabe in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
572 Thermometer mit Korrektionsangabe in 0,1°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
7 Insolationsthermometer,
326 sog. chemische Thermometer für Temperaturen bis 300°,
48 hochgradige Thermometer für Temperaturen bis 400°,
75 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 400° bis 550°,
34 Siedethermometer für Höhenmessungen,
17 Thermometer für Eispunktsbestimmungen oder Messungen unter 0°,
11 Thermometer nach Walferdin'scher (Beckmann'scher) Konstruktion,

zusammen 14062 Thermometer.

Hiervon wurden 1162 Thermometer wegen äusserer Mängel oder Ueberschreitung der Fehlergrenzen als unzulässig zurückgewiesen; 60 Instrumente waren beschädigt eingegangen, während 42 Instrumente bei der Prüfung und Aetzung schadhaft wurden; insgesammt sind demnach von den eingereichten Thermometern 1264 Stück = 9 % zurückgewiesen worden.

Im Ganzen genommen hat die Zahl der Thermometer gegen das Vorjahr um 2299 zugenommen, woran hauptsächlich die ärztlichen und die feineren Normalthermometer Theil haben, während die hochgradigen etwas zurückgegangen sind. Von den ärztlichen Thermometern konnten 4447 = 35,9 % mit der Bezeichnung „fehlerfrei“ versehen werden, was als ein erfreulicher Fortschritt bezeichnet werden darf.

Die Prüfung ist nach den bisherigen bewährten Methoden ausgeführt, jedoch mit Rücksicht auf die bevorstehende Einführung der neuen Prüfungsbestimmungen, welche erhöhte Anforderungen an die Beschaffenheit der Thermometer stellen, in einigen Richtungen wesentlich verschärft worden. So ist insbesondere noch mehr als bisher auf die Unveränderlichkeit der Angaben der Thermometer das Augenmerk gerichtet, wozu eine Vermehrung der Eispunktsbestimmungen und eine mehrfache Wiederholung der Prüfung an denselben

[1]) Hebeler, Grützmacher, Mahlke, Hebe.

Stellen erforderlich wurde. Ferner ist auch die Prüfung der meteorologischen Minimum- und Maximumthermometer verschärft worden. Die Prüfung der Vorrichtung zur Angabe der Extremtemperaturen fand nämlich bisher hauptsächlich durch eine wiederholte Vergleichung der Thermometer bei denselben Temperaturen und eine nachherige einfache Kontrole des Funktionirens der Maximal- bezw. Minimal-Vorrichtung statt. Diese Kontrole wird jetzt in dreifacher Weise ausgeführt, ähnlich wie es bei der Anfertigung der Thermometer selbst geschieht. Auch die Prüfung der hochgradigen, mit komprimirter Kohlensäure über dem Quecksilber gefüllten Thermometer wird mit einer weiteren Verschärfung durchgeführt. Es hatte sich nämlich gezeigt, dass bei denjenigen hochgradigen Thermometern, welche nicht mit der Niehls'schen Schutzvorrichtung gegen das Herabfliessen des den provisorischen Verschluss bildenden Schellacks versehen sind, im Laufe der Zeit die geringen Spuren von Feuchtigkeit, welche nach der Anfertigung zuweilen noch im oberen Theile des Kapillarrohrs bleiben, oder sich beim Gebrauch der Thermometer in hohen Temperaturen durch die Zersetzung des Schellacks bilden, allmählich in das Quecksilber dringen und alsdann bei höheren Temperaturen Spannungen hervorbringen, welche die Angaben der Thermometer zu hoch werden lassen. In Folge dessen musste zu der eigentlichen Vergleichung des Thermometers noch eine besondere Prüfung auf die Trockenheit des Rohres hinzugefügt werden. Diese Prüfung wird durch mehrmaliges Erhitzen und Abkühlen des Thermometers mit darauf folgenden Eispunktsbestimmungen ausgeführt. Zeigen die verschiedenen Eispunktsbestimmungen Uebereinstimmung, so darf auf eine hinreichende Austrocknung der Röhren geschlossen werden.

Durch diese und andere Verschärfungen und Erweiterungen der Prüfungsvorschriften ist allerdings die Arbeit des Prüfens wesentlich vermehrt, und auch eine Erhöhung der Prüfungsgebühren nothwendig geworden, aber auch der Werth der Prüfungen weiter gesteigert worden.

2. Thermometer-prüfungsanstalt zu Ilmenau.

Eine Revision der Prüfungsanstalt hat in diesem Jahre nicht stattgefunden. Die zum Herbst 1896 geplante Revision musste verschoben werden, weil die Verhandlungen über die neuen Prüfungsbestimmungen, welche auch einige prinzipielle Aenderungen bezüglich der Stellung der Prüfungsanstalt zur Reichsanstalt enthält, noch nicht zum Abschluss gebracht werden konnten. Der Entwurf der neuen Prüfungsvorschriften, welcher schon im Januar 1896 einer Versammlung von Glasinstrumenten-Fabrikanten aus den verschiedenen Theilen Thüringens in Ilmenau vorgelegen hatte, ist im August 1896 auf dem in Charlottenburg zusammengetretenen Glasbläsertag einer eingehenden Berathung unterzogen worden. Im Anschluss hieran fand dann im Oktober 1896 im Beisein des Direktors der Prüfungsanstalt, Herrn Böttcher, nochmals eine Durchberathung aller Einzelvorschriften statt, welche zu einer vollständigen Einigung der Ansichten führte. Nachträglich sind jedoch gegen den in die Prüfungsbestimmungen aufgenommenen Vorschlag der Reichsanstalt, die Prüfung der Thermometer mit Réaumur-Skalen vom 1. April 1897 *ganz* aufzugeben, von Seiten der Thermomometer-Prüfungsanstalt zu Ilmenau in Rücksicht auf das Brauereigewerbe Bedenken erhoben worden.

3. Arbeits-Normalthermometer[1].

Für die Arbeits-Normalthermometer bis 100° sind neue Gradwerthbestimmungen (für jedes Thermometer 10 bis 20 verschiedene Bestimmungen) ausgeführt worden. Die Uebereinstimmung mit den früheren Werthen ist durchweg sehr gut, denn sie erstreckt sich bis auf wenige Tausendstel Grad. Nur für 1 Thermometer ging die Abweichung gegen die früheren Bestimmungen über die Beobachtungsfehlergrenze hinaus und betrug 0,016°, was noch einer Aufklärung durch weitere Versuche bedarf.

Zwei der genannten Normale und zwei Normalthermometer aus Glas 59^{III} werden z. Z. in der Abtheilung I mit den dortigen Haupt-Normalthermometern einer ausführlichen Vergleichung unterzogen, um eine unmittelbare Beziehung der von den beiden Abtheilungen unabhängig von einander ermittelten Temperaturskalen zu gewinnen. (Vgl. hierüber *S. 141.*)

---

[1]) Wiebe, Grützmacher, Mahlke.

Ferner hat eine Vergleichung der vor 2 Jahren neu beschafften hochgradigen Normalthermometer mit den direkt an das Luftthermometer angeschlossenen Niehls'schen Stabthermometern Nr. 76 und Nr. 77 in wiederholten ausführlichen Reihen von 10° zu 10° innerhalb des Temperaturintervalles von 300° bis 500° stattgefunden.

4. Neue Prüfungsapparate. Für besonders lange Thermometer, deren Prüfung wegen der Unsicherheit in der genauen Kenntniss der Korrektion für den herausragenden Faden Schwierigkeiten bot, ist nach Angaben von Dr. Mahlke in der Werkstatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein neuer, besonders hoher Vergleichsapparat angefertigt worden. Seine Konstruktion beruht auf denselben Gesichtspunkten wie das in *dieser Zeitschr.* ***13.*** *S. 197.* ***1893*** von Dr. Mahlke beschriebene Oelbad, nur dient als Bad der Billigkeit wegen statt des Olivenöls amerikanisches Schweineschmalz, das sich für diese Zwecke gut bewährt hat. Sodann ist für die Siedepunktsbestimmungen nach Angaben von Grützmacher ebenfalls in der Werkstatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein neuer Apparat gebaut worden, dessen Dampfentwickelungsraum, abweichend von der gewöhnlichen Rudberg'schen Siederöhre, aus 2 in einander gesetzten Siedekesseln besteht. Der innere Kessel ist durch einen Asbestring von dem äusseren, den direkten Flammen ausgesetzten Kessel isolirt, und die Erwärmung des Wassers im inneren Kessel findet durch den im äusseren Kessel sich entwickelnden Dampf statt. Es ist hierdurch die Gefahr ausgeschlossen, dass der Wasserdampf direkt durch die Flammengase oder indirekt durch metallische Leitung überhitzt werden kann. Zwei an der Röhre angebrachte Hähne gestatten die Spannung des Dampfes zu variiren, dessen Ueberdruck an 3 Wassermanometern gemessen wird.

Im Anschluss hieran wurden 2 kleine Siedeapparate, wie sie bei Höhenmessungen mit dem Siedethermometer gebräuchlich sind, untersucht. Unter ungünstigen Umständen konnte bei der bisherigen Form der Apparate eine Ueberhitzung des Wasserdampfs bis zu 0,5° eintreten. In Folge dessen ist jetzt von Herrn R. Fuess ein neuer Apparat konstruirt, bei welchem die Möglichkeit der Ueberhitzung des Wasserdampfs ausgeschlossen ist. Die Einzelheiten der Prüfung sollen in einer Veröffentlichung demnächst mitgetheilt werden.

5. Pyrometrische Arbeiten[1]. Die regelmässigen Prüfungen von Pyrometern sind im April 1896 in den Räumen der Versuchswerkstatt aufgenommen worden. Es hat sich dabei zunächst nur um Prüfung von Le Chatelier'schen Thermoelementen gehandelt. Als Normal dient ein von Keiser & Schmidt bezogenes Thermoelement (K. & S.) aus Platin- und Rhodiumplatindraht (10% Rhodium) von 0,65 *mm* Stärke und ein von dieser Firma nach den Angaben von Dr. Holborn und Dr. Wien konstruirtes d'Arsonval'sches Galvanometer. Die Spannung des Elements war bereits früher durch Vergleichungen in der Abtheilung I bestimmt und ist im Verlaufe des Jahres mehrfach sowohl von Seiten der Abtheilung I wie II kontrolirt worden, wobei sich Uebereinstimmung mit den früheren Werthen bis auf 3° in den höchsten Temperaturen (1430°) ergeben hat.

Ausser diesem Normalelement besitzt die Abtheilung II noch 2 Thermoelemente (I und II) von 0,4 *mm* Stärke, die als Hülfsinstrumente bei anderen Untersuchungen verwendet werden. In neuerer Zeit sind noch 2 Thermoelemente (III und IV) von 0,65 *mm* Drahtstärke beschafft worden, um als Ersatz für das durch die Prüfungen allmählich defekt werdende Normalelement K. & S. zu dienen. Diese sowie die mit I und II bezeichneten Elemente sind durch ausgedehnte Vergleichsreihen von 100° zu 100° sowohl an das Normalelement der Abtheilung I wie an K. & S. angeschlossen worden. Hierbei zeigte sich, dass die zu verschiedenen Zeiten an denselben Punkten eines und desselben Thermoelements gefundenen Werthe der Thermokraft bis auf geringfügige Abweichungen übereinstimmten. Es liefert dies den Beweis, dass das Material, aus welchem die Thermoelemente hergestellt sind, merklich homogen ist, und dass ferner auch die Prüfungsmethode exakte Werthe giebt.

Zur Prüfung eingegangen sind 10 einzelne Le Chatelier'sche Thermoelemente von verschiedenen Einsendern und 6,5 *kg* Draht zu Thermoelementen von der Firma C. W. Heräus

[1]) Wiebe, Schwirkus.

in Hanau. Der letztere Vorrath repräsentirt einen Werth von mehr als 29 000 M. und liefert etwa 350 Thermoelemente von 3 *m* Länge. Die Prüfung dieses Vorrathes geschah in folgender Weise. Beide Drahtsorten wurden in Stücke von je 30 *m* Länge zerlegt, welche auf Rollen aufgewickelt wurden. Vom Anfang des ersten Stücks, sowie zwischen je 2 solchen Stücken und vom Ende des letzten Stücks wurden kleinere Stücke von je 1,5 *m* Länge abgenommen und die Stücke der verschiedenen Drahtsorten zu je einem Thermoelement vereinigt. Die so erhaltenen 24 Thermoelemente wurden mit dem Normal K. & S., anfangs von 100° zu 100°, später von 200° zu 200° fortschreitend unmittelbar verglichen. Die „Löthstelle" des zu vergleichenden Elements war mit derjenigen des Normalelements zusammengeschmolzen, und die Elemente wurden dann nach einander in den Stromkreis des Galvanometers gebracht. Das Galvanometer wurde von Zeit zu Zeit durch eine Prüfung im Elektrischen Laboratorium nachgeaicht. Der Widerstand der eingeschalteten Thermoelemente war fast vollständig gleich, sodass bei der Vergleichung der Elemente bei verschiedenen Temperaturen untereinander eine Ungenauigkeit durch den noch nicht hinreichend genau festgestellten Temperaturkoëffizienten des Rhodium-Platindrahts nicht entstehen konnte. Jedoch hat sich herausgestellt, dass der Temperaturkoëffizient des Galvanometers recht beträchtlich ist, sodass bei den Messungen mit dem Thermoelement unter Benutzung der von Keiser & Schmidt fabrizirten d'Arsonval'schen Galvanometer die Temperatur dieser Instrumente in Rücksicht gezogen werden muss[1]). Es sind deshalb z. Z. im Elektrischen Laboratorium Versuche zur Verbesserung des Galvanometers im Gange, dessen bisherige Beschaffenheit auch noch anderweitige Störungen (Nullpunkts-Aenderung, Kurzschluss u. s. w.) gezeigt hat.

Dies trat besonders bei einem von der genannten Firma zur Prüfung der Temperaturskale eingereichten Instrument hervor, welches in Folge bedeutender Nullpunktsverschiebungen zurückgewiesen werden musste. Ein zweites derartiges Instrument bestand dagegen die Prüfung gut.

6. Manometer und Barometer[2]).

10 Federmanometer wurden geprüpft, darunter 3 bis 150 *kg* und 1 bis 450 *kg* Druck. An Barometern wurden 27 Stück, darunter 3 Quecksilberbarometer geprüft. Unter den letzteren befand sich auch 1 neues von Axel Darmer konstruirtes Reisebarometer, welches eine bedeutende Vereinfachung gegenüber den bisherigen Konstruktionen von Reisebarometern aufweist und bei den Vergleichungen mit dem Normalbarometer sich auch bewährte, sowohl im Freien wie im Zimmer. Eine Beschreibung des Barometers befindet sich in der *Zeitschr. f. Glasinstrumentenindustrie* **6.** *S. 169. 1896.* Die Untersuchung über die elastischen Nachwirkungen wird noch fortgesetzt. Die Temperaturkoëffizienten der Dosen aus Konstantan sind wiederholt bestimmt und innerhalb verschiedener Drucke und Temperaturen sehr wenig variabel gefunden worden.

7. Petroleumprober, Zähigkeitsmesser und Untersuchung von Petroleum[3]).

Die Prüfung erstreckte sich auf

132 Petroleumprober und 3 Einsätze zu solchen,
137 Zähigkeitsmesser,
6 Petroleumsorten (Prüfung auf verschiedene Eigenschaften).

Die Arbeiten mit den Apparaten zur Prüfung des Petroleums haben sich gegen das Vorjahr mehr als verdoppelt, besonders in Folge des gesteigerten Exports der Prober nach Russland, Rumänien und anderen Ländern.

Auf Antrag der Deutsch-Russischen Naphta-Import-Gesellschaft wurden 3 Petroleumsorten verschiedener Herkunft (aus Nordamerika, Russland und Galizien) einer vergleichenden Untersuchung auf Leuchtkraft (im optischen Laboratorium), Dichte, Entflammung, Gefrierpunkt, fraktionirte Bestandtheile, Zähigkeit, Verhalten gegen Schwefelsäure untersucht. Ein Gleiches geschah mit den Gemischen aus je zwei solchen Oelen; ferner wurden die Gemische auch darauf untersucht, ob beim Lagern wieder eine Trennung in die Bestandtheile

---

[1]) Vgl. Holborn, *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* **41.** *S. 226. 1897.*
[2]) Wiebe, Hebe.
[3]) Wiebe, Hebeler, Hebe.

eintritt. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in zwei Gutachten der genannten Gesellschaft mitgetheilt worden, und es steht zu erwarten, dass durch die Einführung des galizischen Petroleums auf den Markt den Monopolbestrebungen der *Standard-Oil-Compagnie* kräftig entgegengewirkt wird.

8. Legirungsringe[1]. An Schwartzkopff'schen Legirungsringen für Dampfkesselsicherheits-Apparate sind 4230 Stück mit Schmelzpunkten zwischen 104° und 193° C. geprüft, gegen 576 Stück im Vorjahr.

9. Verschiedene Arbeiten und Prüfungen[2]. Ausser den bisher aufgeführten Apparaten und Instrumenten etc. sind noch untersucht worden

1 Junkers'sches Kalorimeter durch Bestimmung des Verbrennungswerths von Wasserstoff,
1 Fluthmesser,
1 Thermograph,
2 kurze Schenkel zu Luftthermometern (Inhaltsbestimmung des schädlichen Raumes).

Ferner wurde bestimmt

der Schmelzpunkt von
5 verschiedenen leichtflüssigen Metallgemischen zu Schriftmetall,
das spezifische Gewicht von
2 Sorten rauchschwachen Pulvers und
die spez. Wärme von
4 Sorten Kruppinband.

10. Anderweitige Arbeiten laut Arbeitsplan. Von den Arbeiten des vorjährigen Arbeitsplans konnte nur die Vergleichung mehrerer Quecksilberthermometer aus älteren Glassorten[3]) mit den Normalthermometern aus Glas 16^{III} gefördert, jedoch nicht vollständig zum Abschluss gebracht werden.

Die übrigen Arbeiten mussten wegen Ueberhäufung des Laboratoriums mit laufenden Arbeiten sowie wegen Mangel an Platz und Hülfskräften für später zurückgestellt werden.

Die Arbeiten über den Wärmedurchgang durch Metallplatten sollten nach Beschluss des Kuratoriums vorläufig nicht weitergeführt werden; es sind deshalb hierüber nur noch einige Versuche unter Anwendung der Dubiau'schen Rohrpumpe gemacht worden[4]). Diese Vorrichtung, welche bei Dampfkesseln aller Systeme angebracht werden kann, bewirkt eine lebhaftere Zirkulation des siedenden Wassers und soll dadurch den Wärmedurchgang bedeutend erhöhen (vgl. den Vortrag des Ingenieurs Friedrich Ross, *Elektrotechn. Zeitschr.* ***16****. S. 486. 1895*). Es wurden hier bei 2 verschiedenen Temperaturen mit Benutzung derselben Platte je 2 Versuche, einmal mit und einmal ohne die Dubiau'sche Vorrichtung angestellt. Die Steigerung der Verdampfung (gemessen an der Menge des verdampften Wassers) betrug 5 bis 7%, während bei Versuchen in der Praxis angeblich ein viel grösserer Betrag gefunden worden ist. Es muss hiernach fraglich bleiben, ob der behauptete Vortheil dieser Einrichtung wirklich von Belang ist; freilich ist dabei zu bedenken, dass die Resultate der in kleinen Verhältnissen und unter gewöhnlichem Atmosphärendruck ausgeführten Versuche nicht ohne Weiteres auf die Praxis übertragen werden können.

Für die Bestimmung der spezifischen Wärme von Metallen in höheren Temperaturen ist in der Werkstatt ein Ofen hergestellt worden, der nahezu vollendet ist und sich bei einigen orientirenden Versuchen bis 800° C. gut bewährt hat. Die Arbeiten selbst werden voraussichtlich bald beginnen können.

---

1) Hebeler, Hebe.
2) Wiebe, Grützmacher, Schwirkus, Hebe.
3) Grützmacher.
4) Wiebe, Schwirkus.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[1].

Die photometrischen Prüfungen haben auch in dem verflossenen Jahre gegen das vorhergehende zugenommen. Die in der Zeit vom 12. Januar 1896 bis 15. Januar 1897 ausgeführten photometrischen Messungen sind in der folgenden Zusammenstellung enthalten. Es wurden geprüft

74 Hefnerlampen, davon
- 23 mit Visir,
- 38 mit optischem Flammenmesser,
- 1 mit Visir und optischem Flammenmesser,
- 12 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;

330 Glühlampen, davon
- 208 bei gegebener Spannung, von diesen 4 in Dauerprüfung mit im Ganzen 2400 Brennstunden,
- 122 bei gegebener Lichtstärke;

6 Bogenlampen;

108 Gasglühlichtkörper, davon
- 61 in Dauerprüfung mit im Ganzen 20 650 Brennstunden,
- 47 in einmaliger Prüfung;

3 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;

2 Zylinderhalter für Gasglühlichtapparate;

1 Armatur für Gasglühlichtapparate;

12 Petroleumproben auf verschiedenen Brennersystemen;

2 Zylinder für Kosmosbrenner;

4 Petroleumlampen mit Brennscheibe;

1 Petroleum-Regenerativ-Lampe;

2 Petroleum-Glühlicht-Lampen;

2 Spiritus-Glühlicht-Lampen;

2 Acetylen-Apparate;

1 Apparat, in welchem eine Mischung von Luft mit Benzin- und Petroleumdämpfen zur Verbrennung gelangt;

14 Gasbrenner;

1 Fettgassorte.

a) Prüfung von Hefnerlampen.

Bekanntlich ist im vorigen Jahre auf einem internationalen Elektriker-Kongress zu Genf die Hefnerlampe als vorläufiges internationales Lichtmaass angenommen worden. Bei der erhöhten Bedeutung, welche die Hefnerlampe dadurch gewinnt, erscheint es angebracht, einiges über die bisherigen Hefnerlampenprüfungen seit Einführung der Beglaubigung mitzutheilen.

Es sind im Ganzen 287 Hefnerlampen beglaubigt worden und zwar davon
- 73 mit Visir,
- 159 mit Krüss'schem Flammenmesser,
- 55 mit beiden.

Daraus scheint hervorzugehen, dass sich der Krüss'sche Flammenmesser im Publikum einer grösseren Beliebtheit erfreut als das Visir. Bei der photometrischen Prüfung zeigten sämmtliche Lampen mit Visir die Leuchtkraft 1, während unter den Lampen mit Krüss'schem Flammenmesser 49 einen um 1 % bezw. 2 % abweichenden Leuchtwerth ergaben. Zur Nachprüfung sind bisher nur 3 Lampen eingesandt worden.

Da der genannte Kongressbeschluss Veranlassung sein dürfte, sich in photometrischen Laboratorien eingehender als bisher mit den Eigenschaften der Hefnerlampe zu beschäftigen, so sollen die bisher zerstreut bekannt gegebenen Untersuchungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt hierüber, insbesondere soweit sie sich auf den Einfluss der Dimensionen und des Brennmaterials auf die Leuchtkraft beziehen, in einer zusammenfassenden Darstellung

[1] Brodhun, Liebenthal.

veröffentlicht werden. Für diesen Zweck war die Ausführung einiger Kontrol- und Ergänzungsuntersuchungen nothwendig, unter denen die folgenden erwähnt seien. Es wurden Versuche mit zwei Amylacetatproben angestellt, welche mehrere Jahre in verkorkten Flaschen vor dem Fenster gestanden hatten, also allen Witterungseinflüssen, namentlich der direkten Sonnenstrahlung und der Kälte, ausgesetzt waren. Die seit Juni 1891 im Freien stehende Probe I, welche im Laufe der Zeit einen sehr unangenehmen Geruch annahm und stark sauer reagirte, ergab im Januar 1897 eine um 4,3 % zu geringe Lichtstärke. Dieselbe Probe hatte nach etwa einjährigem Stehen eine Lichtschwächung von 1,2 % gezeigt. Die seit Februar 1893 stehende Probe II, welche nur sehr schwach sauer war und keinen auffallenden Geruch aufwies, ergab eine Schwächung der Lichtstärke von 0,7 %.

b) Prüfung von elektrischen Glühlampen, Bogenlampen, Gas-, Petroleumlampen u. dgl.

Der Konkurrenzkampf auf dem Gebiete der Gasglühlicht-Industrie kam auch im verflossenen Jahre bei den Prüfungen der Reichsanstalt deutlich zum Ausdruck. Zu erwähnen ist eine Reihe photometrischer Prüfungen, welche auf Veranlassung des chemischen Laboratoriums des Geheimen Hofraths Professor Dr. Fresenius in Wiesbaden auszuführen waren, und welche mit den Patentprozessen der Auer-Gesellschaft in Zusammenhang stehen.

Unter den übrigen photometrischen Prüfungen sind die Versuche mit zwei Acetylen-Apparaten von verschiedenen Einsendern zu erwähnen. Bei beiden wurde das Acetylen am Ort des Verbrauchs in kleinen Gasometern aus Calciumcarbid erzeugt und unter geringem Druck verbrannt.

2. Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke[1]).

Ueber die Lichtvertheilung und Oekonomie der gebräuchlichen Lichtquellen sind im Berichtjahre umfangreichere Untersuchungen angestellt worden, welche demnächst zur Veröffentlichung gelangen werden. Besonderes Interesse haben diese Versuche zur Zeit, soweit sie die Glühlampen betreffen, da man sich in der Elektrotechnik bemüht, einheitliche Bestimmungen über die Fehlergrenzen und Methode der Photometrirung von Glühlampen aufzustellen. Von der Untersuchungsmethode ist zu verlangen, dass sie einfach und schnell auszuführen ist, da jede einzelne Glühlampe photometrirt werden und da bei dem billigen Preise von Glühlampen diese Photometrirung sehr schnell vor sich gehen und durch wenig vorgebildetes Personal geschehen muss. Die Technik führt gewöhnlich nur Messungen senkrecht zur Lampenachse in einer Richtung oder in 2 zu einander senkrechten Richtungen oder in 3 Richtungen (in letzterem Falle in nicht einwandfreier Weise mit Hülfe von 2 Spiegeln) aus. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt giebt in Prüfungsscheinen gewöhnlich, entsprechend den Verhältnissen, welche bei offen brennenden Lampen gebräuchlich sind, die mittlere Lichtstärke senkrecht zur Lampenachse an, welche sie durch eine einzige Messung mit Hülfe eines rotirenden Spiegels gewinnt. Da dieser Apparat für die Praxis zu komplizirt erscheint, sind neuerdings Versuche mit einem Apparat gemacht worden, bei welchem die Bilder von 10 um etwa 45° gegen die Achse der Glühlampe geneigten unbelegten Spiegelglasscheiben Verwendung finden. Ein Uebelstand bei diesem ist es, dass die Lampe horizontal, statt, wie es in der Technik üblich ist, vertikal hängend photometrirt werden muss.

3. Prüfung von Saccharimetern.

a) Normalbestimmung des Hundertpunkts der Ventzke'schen Skale für Natriumlicht[2]).

α) Abhängigkeit der Drehung von der in der Volumeneinheit der Lichtquelle vorhandenen Natriummenge.

Bei der Bestimmung der etwa 100° betragenden Drehungswinkel von Zuckerlösungen und auch von Quarzplatten wurde die Beobachtung gemacht, dass der mittlere Fehler einer Einstellung am Polarisationsapparat bei eingeschalteter, gefüllter Röhre oder Quarzplatte stets etwa doppelt so gross war als derjenige bei den Nullpunktsbestimmungen. Eine daraufhin angestellte nähere Untersuchung ergab als Grund, dass die Grösse des Drehungswinkels ziemlich stark mit der Helligkeit der Natriumflamme variirte; und zwar nahm ein Drehungswinkel von etwa 100° um etwa 140 Bogensekunden ab, wenn man die Natriumflamme allmählich heller und heller machte. In keiner Weise ändert sich aber hierbei der Nullpunkt des Apparats. Je nachdem man also mit dunklem oder hellem Natriumlicht arbeitet, erhält man z. B. als Drehungswinkel für 1 *mm* Quarz bei 20° die Werthe 21,726° oder 21,717°, wobei aber diese beiden Werthe noch nicht die äussersten erreichbaren Grenzen sein dürften.

---

[1]) Brodhun, Liebenthal.

[2]) Schönrock.

Da das in den Lippich'schen Halbschattenapparat gelangende Natriumlicht aus dem Licht der beiden D-Linien und einer verschwindenden Menge von Licht benachbarter Wellenlängen besteht, so beziehen sich die Drehungswinkel auf eine Wellenlänge, welche dem optischen Schwerpunkt der beiden D-Linien entspricht. Da ferner bei einem 1 *mm* dicken Quarz der Drehungsunterschied für die beiden D-Linien 0,044° beträgt, so muss sich der optische Schwerpunkt nach den obigen Zahlen mit zunehmender Helligkeit um ein Fünftel des Abstandes der beiden D-Linien nach dem rothen Ende des Spektrums hin verschieben. Mit Hülfe eines vor der Beleuchtungslinse des Apparats eingeschalteten Nicol'schen Prismas konnte man beweisen, dass sich bei unverändert gelassener Emission der Lichtquelle die Wellenlänge des optischen Schwerpunkts nicht mit der Lichtintensität ändert[1]). Es folgt also, dass die Verschiebung des optischen Schwerpunkts durch die Aenderung der Dichte des in der Flamme enthaltenen Natriumdampfes verursacht wird[2]). Die Verschiebung der mittleren Wellenlänge des Natriumlichts wird wohl nicht nur durch die asymmetrische Verbreiterung der Linie D_1 verursacht werden, sondern auch durch eine Aenderung im Helligkeitsverhältniss der beiden D-Linien zu einander. Da Ebert, Kayser und Runge auch für sehr viele Linien in den Spektren der Alkalien eine asymmetrische Verbreiterung mit zunehmender Dampfdichte konstatirt haben, und da auch die Quecksilber- und Wasserstofflinien sich mehr oder minder einseitig verbreitern, so folgt aus dem allen, dass bei der heutigen Empfindlichkeit der polaristrobometrischen Methoden im Falle absoluter Drehungsbestimmungen die Emission der Lichtquelle konstant zu erhalten und die entsprechende Wellenlänge schon sehr genau zu definiren oder zu ermitteln ist, wenn die Messungen verschiedener Beobachter miteinander vergleichbar sein sollen.

Da es in der Saccharimetrie immer nur auf das Verhältniss der Drehungen von Quarz zu Zucker ankommt, so ist die Bestimmung des Hundertpunkts der Ventzke'schen Skale unabhängig von der Aenderung in der Wellenlänge des Natriumlichts, wofern man nur die Versuchsbedingungen bei den relativen Messungen beider Drehungen konstant erhält. Dies lässt sich aber in genügender Weise erreichen, wenn man die Helligkeit des Gesichtsfeldes stets möglichst gleich gross wählt; man kann dann bei Ausführung längerer Untersuchungsreihen die mittlere Wellenlänge bis auf etwa $\pm$ 0,005 $\mu\mu$ konstant halten. Diese Verhältnisse sind bei Beurtheilung der im Folgenden angegebenen Genauigkeit, die bei der Bestimmung der spezifischen Drehung des Rohrzuckers erreicht worden ist, zu berücksichtigen.

β) Angaben über die erreichte Genauigkeit bei der Bestimmung der spezifischen Drehung des Rohrzuckers.

Wie im letzten Bericht auseinandergesetzt worden ist, sollte zunächst behufs Ermittelung des alten Hundertpunkts der Ventzke'schen Skale bei 17,5° für Natriumlicht die spezifische Drehung $[\alpha]$ einer Rohrzuckerlösung bestimmt werden, die bei 17,5° in 100 wahren *ccm* (1 *ccm* = Volumen von 1 *g* Wasser bei 4°) 26,003 *g* Rohrzucker (wirkliche Masse) enthält.

Zunächst machte eine scheinbare geringe Zunahme der Drehung einer und derselben Zuckerlösung mit der Zeit einige Schwierigkeit, welche sich erst dann löste, als man dem Verschluss der Röhre eine über die gewöhnlichen Vorsichtsmassregeln weit hinübergreifende Aufmerksamkeit zuwandte. Die Schwierigkeit, ein Verdunsten des Wassers aus der in der Polarisationsröhre enthaltenen Zuckerlösung, zumal bei Temperaturänderungen zwischen 12° und 25°, vollkommen zu verhindern, ist viel grösser, als man gewöhnlich annimmt. Da die Röhre etwa 73 *g* Lösung enthält, so ändert das Verdunsten von 1 *mg* Wasser die Drehung α um beiläufig $^1/_{60000}$ ihres Werthes. Das Verdunsten liess sich erst dann bis auf 1 *cg* und weniger reduziren, als man folgendermaassen verfuhr. Die Deckgläschen werden nicht

[1]) Es ist dies in vollkommener Uebereinstimmung mit den nach ganz anderen Methoden erhaltenen Resultaten von Lippich und Ebert.

[2]) Ebert hat mittels der Methode der hohen Interferenzen sowohl für Natriumlicht als auch für das homogene Licht verschiedener anderen Wellenlängen gezeigt, dass die Verschiebung der mittleren Wellenlänge wesentlich nur durch die Vermehrung der Dampfmenge hervorgerufen wird und nicht etwa durch Aenderungen in der Dicke der strahlenden Schicht oder in der Temperatur der Lichtquelle oder in den sich in der Flamme abspielenden chemischen Prozessen.

wie gewöhnlich durch übergeschraubte Deckel gegen die Röhre gepresst, sondern mit gerade im Erstarren befindlichem Klebwachs angekittet, doch so, dass sie direkt mit den Endflächen der Glasröhre in Berührung bleiben; die in Rechnung zu setzende Verschiebung des Nullpunktes durch die leere Röhre betrug dann nie mehr als $\pm 30''$. Die Füllung der Röhre geschieht durch eine seitliche Oeffnung, die mit einem geschliffenen Glasstöpsel verschlossen werden kann, durch welchen ein Thermometer in das Innere der Lösung hineinragt. Die nunmehr noch eintretende Verdunstung liess sich auf ± 1 *mg* ermitteln. So liess sich in einem Falle für die eine Sorte von Zucker nachweisen, dass sich die spezifische Drehung in einem Zeitraume von sieben Tagen noch nicht um $^1/_{60000}$ ihres Betrages geändert hatte; in den meisten Fällen trat aber schon nach etwa vier Tagen Pilzbildung in der Röhre ein, sodass dann die Versuche abgebrochen werden mussten. Was die Genauigkeit betrifft, mit der sich nunmehr die spezifische Drehung einer vorgelegten Sorte Zucker ermitteln lässt, so kann man selbst bei Herstellung nur einer Lösung und unter Anrechnung aller systematischen Fehler die spezifische Drehung des betreffenden Zuckers bis auf $^1/_{6000}$ ihres Betrages sicher ermitteln; dies ist aber eine Genauigkeit, die zur Festlegung des Hundertpunkts der Ventzke'schen Skale vollkommen hinreicht.

γ) Abhängigkeit der spezifischen Drehung von der Temperatur.

Es ist unbedingt erforderlich, regelmässige Wägungen der gefüllten Polarisationsröhre auszuführen, um Gewissheit über die erlangten Resultate zu haben; da nun wegen dieser Wägungen eine Wasserspülung zum Konstanthalten der Temperatur nicht angewendet werden kann, so entstand die Forderung, sich über eine etwaige Abhängigkeit der spezifischen Drehung $[\alpha]$ von der Temperatur t Gewissheit zu verschaffen. Bisher wurde stets angenommen, dass $[\alpha]$ gar nicht oder in ausserordentlich geringem Maasse mit t variirt, eine Annahme, die sich auf die Beobachtungen von Tuchschmid, Seyffart und Andrews stützte. Das Vertrauen zu diesen Beobachtungen wurde aber bereits bei den im vorigen Bericht erwähnten Vorarbeiten mit einem Saccharimeter erschüttert, weil in die bei Zimmertemperatur zwischen 18° und 20° erhaltenen Resultate nur dann Uebereinstimmung zu bringen war, wenn man etwa $\frac{d[\alpha]}{dt} = -0{,}02$ setzte. Dass dieser Werth von der richtigen Grössenordnung war, beweisen die bisher zwischen 12° und 25° untersuchten zehn Zuckerlösungen, welche für $\frac{d[\alpha]}{dt}$ Werthe ergaben, die ausnahmslos zwischen den Grenzen $-0{,}0151$ und $-0{,}0132$ liegen, im Mittel $\frac{d[\alpha]}{dt} = -0{,}0144$. Nimmt also die Temperatur der Zuckerlösung zu, so nimmt der Drehungswinkel ab, erstens weil die Konzentration der Lösung wegen der Volumenvergrösserung abnimmt, und ausserdem noch, weil die spezifische Drehung kleiner wird. Da der zweite Betrag $^3/_4$ des ersteren beträgt, so darf man da, wo man die Konzentrationsänderungen in Rechnung zieht, auch die Aenderungen in der spezifischen Drehung keineswegs vernachlässigen.

δ) Spezifische Drehung verschiedener Zuckersorten.

Bisher konnten erst zwei von der Firma Kahlbaum gelieferte und aus indischem Rohrzucker gewonnene Saccharoseproben, die ausser einer vollkommenen Trocknung keiner weiteren Reinigung unterzogen worden sind, einer genaueren Untersuchung unterworfen werden. Für die eine dieser Zuckerproben lieferten drei verschiedene Lösungen die Werthe $[\alpha]_{17,5^0} = 66{,}292$; $66{,}298$; $66{,}295$, sodass für diese Zuckersorte $[\alpha]_{17,5^0} = 66{,}295 \pm 0{,}003$ ist; und zwar blieb die spezifische Drehung tagelang konstant, bis Pilzbildung eintrat, welche die spezifische Drehung verringert. Ganz andere Resultate erhielt man mit der zweiten Zuckersorte; verschiedene Lösungen ergaben Werthe für $[\alpha]$, die zwischen 66,382 und 66,488 schwankten, also um Grössen differiren, die völlig ausserhalb der Beobachtungsfehler liegen; und zwar erhielt man diese Werthe, wenn die Lösungen 1 bis 3 Stunden nach ihrer Herstellung polarisirt wurden. Andernfalls wuchs, ohne dass eine Verdunstung eingetreten war, die spezifische Drehung mit der Zeit um Beträge bis zu 0,044. Gründe für diese Erscheinungen können zur Zeit noch nicht mit Sicherheit angegeben werden. Sowohl diese beiden Zuckersorten als auch noch andere sollen nunmehr, eventuell in Gemeinschaft mit dem chemischen Laboratorium, systematischen Untersuchungen unterzogen werden, um Ge-

wissheit darüber zu erlangen, in wie weit man von einer Konstanz der spezifischen Drehung für Zucker sprechen darf.

b) Bau eines für die Reichsanstalt bestimmten Saccharimeters und Beschaffung eines Quarzplattensatzes zur Prüfung von Saccharimetern[1].

Nach Abschluss der Bestimmungen der spezifischen Drehung des Rohrzuckers für Natriumlicht bedarf man eines Saccharimeters, um den Uebergang von Natriumlicht auf weisses Licht vollziehen zu können. Es wurden deshalb bereits im Allgemeinen die Pläne für den Bau eines solchen Saccharimeters entworfen, besonders mit Rücksicht darauf, dass der korrekte Strahlengang durch den Apparat auch dann erhalten bleibt, wenn man die langen mit Zuckerlösungen gefüllten Röhren in den Apparat einschaltet. Ferner bemühte man sich, in den Besitz eines optisch reinen Quarzkeils, des wichtigsten optischen Theils eines Saccharimeters, zu kommen, doch leider bis jetzt ohne Erfolg, obwohl bereits 13 ausgewählte Quarzkeile leihweise beschafft und untersucht worden sind. Als die empfindlichste Methode zur Prüfung von Quarzkeilen auf ihre optische Reinheit wurde endlich nach vielen Versuchen die folgende ausgearbeitet. Man stellt den Halbschatten eines mit weissem Licht beleuchteten Lippich'schen Halbschattenapparats auf Null und den Analysator auf grösste Dunkelheit des Gesichtsfeldes. Dann bringt man die zu prüfenden Quarzkeile an das Polarisator-Diaphragma und kompensirt dieselben durch eine entsprechend dicke Quarzplatte am Analysator-Diaphragma, was mit Hülfe einer Keilkompensation leicht möglich ist. Visirt man nun mit dem Fernrohr das Polarisator-Diaphragma scharf an, so erkennt man mit grösster Deutlichkeit alle schlechten Stellen der dort befindlichen Quarzkeile.

Nach derselben Methode wurden auf optische Reinheit auch die leihweise beschafften Quarzplatten untersucht, welche zur Herstellung eines Quarzplattensatzes zur Prüfung von Saccharimetern Verwendung finden sollten. Aber alle bisher zur Ansicht gelieferten Quarzplatten erwiesen sich gleichfalls als nicht vollkommen optisch rein.

4. Brennweiten-Bestimmungen[2].

Mit dem Bamberg'schen Brennweitenbestimmungsapparat für grosse Objektive wurde an dem im vorigen Bericht erwähnten Objektive untersucht, ob bei einer Temperaturdifferenz von etwa 30° sich eine Aenderung der Brennweite nachweisen lässt. Zu dem Zwecke wurde der Apparat erstens im Sommer in einem Zimmer aufgestellt, in welchem dauernd ein Gasofen brannte und dadurch eine Temperatur von 30° bis 35° C. erzielt wurde, und zweitens im Winter in einem Zimmer mit bei Tag und Nacht geöffneten Fenstern. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

V. Chemische Arbeiten.

1. Versuche über Stahl[3].

Nach den neuesten Versuchen von Moissan und seinen Schülern, welche im Stahl Diamanten aufgefunden haben, konnte es scheinen, als ob die früher von R. S. Marsden aufgestellte Theorie, nach welcher die mechanischen Eigenschaften des gehärteten Stahls durch die Anwesenheit kleiner Diamanten bedingt seien, experimentelle Unterlagen habe. Die Menge der aus dem Stahl isolirbaren Diamanten ist indess viel zu klein (höchstens $^1/_{1000}$ Prozent), als dass sie der Träger für die Härte des Materials sein könnte; eine Auflösung des Diamantstaubes während der Isolationsversuche erscheint wegen seiner Indifferenz gegen Chemikalien ausgeschlossen. Da aber andererseits das aus dem *geglühten* Stahl isolirbare Karbid Fe_3C nicht den genügenden Härtegrad besitzt, so bleibt nur die Annahme übrig, dass die Ursache der Härte des Stahls anderweitige Karbidsubstanzen sind, welche hinsichtlich ihrer Härte dem Diamant nahestehen und welche durch chemische Reaktionen aus der Substanz Fe_3C hervorgehen können.

Ueber derartige harte Eisenkarbide existiren in der Literatur die verschiedensten Angaben, nach welchen ein Kohlenstoffatom im Stande sein soll, 4 bis 24 Eisenatome zu fixiren.

Die Entscheidung dieser Frage wurde von dem chemischen Laboratorium der Reichsanstalt auf zwei Weisen versucht, nämlich A) durch das Studium der Veränderungen des Eisenkarbids Fe_3C; B) durch analytische Trennung der Bestandtheile harten Stahls.

---

[1]) Brodhun, Schönrock.

[2]) Lummer, Brodhun.

[3]) Mylius, von Wrochem.

A) Das Eisenkarbid Fe_3C kann man bis jetzt nur auf analytischem Wege durch mühsame Extraktion von geglühtem Stahl gewinnen, wobei die Substanz entweder pyrophorisch oder nicht pyrophorisch zurückbleibt.

Es wäre ein grosser Gewinn, wenn es gelänge, die Substanz Fe_3C im Zustande der Reinheit synthetisch zu erzeugen; Versuche nach dieser Richtung sind begonnen worden, haben aber noch nicht zu dem gewünschten Ergebniss geführt.

Nachdem durch frühere Versuche festgestellt worden ist (vgl. Anh. Nr. 28), dass das Eisenkarbid bei hoher Temperatur in Kohle und kohlenstoffärmeres Eisen zerlegbar ist, war die Ermittelung der Schmelztemperatur Gegenstand der Beobachtungen. Da dieselben aber durch die Gegenwart der nichtmetallischen Verunreinigungen wie Kieselsäure, Eisensulfid und -phosphid, welche das Zusammenfliessen der schmelzenden Theilchen verhindern, erschwert werden, so hat bis jetzt nur festgestellt werden können, dass die bekannten Rekaleszenzerscheinungen des Stahls zwischen 650° und 800° mit dem *Schmelzen* des Karbids in keinem Zusammenhange stehen, da dasselbe erst jenseits 1000° erfolgt. Durch die Fortführung der Schmelzversuche wird man Näheres über die Bestandtheile erfahren, welche bei dem Zerfall des Eisenkarbids zur Abscheidung gelangen, besonders über die Zusammensetzung und die Eigenschaften des bei der Schmelztemperatur erzeugten Eisenregulus.

B) Wahrscheinlich sind die Bestandtheile des gehärteten Stahls zum Theil identisch mit denjenigen, welche sich, gröber krystallisirt, im *gegossenen*, schnell abgekühlten Stahl vorfinden; die Extraktionsversuche sind daher zunächst mit diesem Material begonnen worden. Bei den Schmelzoperationen haben sich die kleinen Retorten aus einer kürzlich von Hrn. Pukall zusammengesetzten Porzellanmasse noch besser bewährt, als die frühere „Hecht'sche Masse".

Es konnte jetzt von der schon früher mitgetheilten Beobachtung Gebrauch gemacht werden, dass man verschiedene Extraktionsrückstände erhält, je nachdem man verdünnte *Schwefelsäure* oder *Salzsäure* auf den gegossenen Stahl wirken lässt. Im ersteren Falle werden alle Bestandtheile desselben mit Ausnahme der geringen Menge des vorhandenen Karbids Fe_3C aufgelöst; im letzteren Fall (mit Salzsäure) ist der Angriff wesentlich geringer und erstreckt sich namentlich auf die vorhandenen Eisenkrystalle; es hinterbleiben poröse Karbidmassen, welche feste Krystallskelette darstellen; dieselben enthalten beträchtlich weniger Kohlenstoff als die Substanz Fe_3C und sind von dieser wesentlich verschieden. Ob hier eine einheitliche chemische Verbindung vorliegt, müssen weitere Versuche entscheiden. Da ganz ähnliche Erfahrungen auch mit dem *gehärteten* Stahl gemacht worden sind, so ist die Annahme unhaltbar, dass der Kohlenstoff in der Masse des gehärteten Stahls gleichmässig vertheilt, also in fester Lösung vorhanden sei.

2. Flüchtige Produkte aus Stahl und verdünnten Säuren[1]).

In der gedruckt vorliegenden Mittheilung von Mylius, Foerster und Schoene über das Karbid des geglühten Stahls wurde die Ansicht begründet, dass bei der Einwirkung von verdünnten Säuren auf das Karbid der grösste Theil des Kohlenstoffs in ölartige Kohlenwasserstoffe übergeht, welche ähnlich dem Petroleum ein Gemisch vieler chemischer Individuen darstellen. Die weitere Trennung derselben würde sich indessen wohl kaum lohnen.

Der häufig bei dem Auflösen von Eisen beobachtete „knoblauchartige Geruch" rührt nicht von Kohlenwasserstoffen her. Neben merkaptanartigen Stoffen ist es besonders eine phosphorhaltige Substanz, welche diesen Geruch bedingt. Versuche, diese Substanz zu isoliren, haben bisher keinen Erfolg gehabt; es wurde nur festgestellt, dass dieselbe einen schwach basischen Charakter hat, aus der sauren Eisenlösung durch Natronlauge in Freiheit gesetzt wird und durch Eisenchlorürlösung wieder absorbirbar ist. Durch diese Eigenschaft unterscheidet sich der Körper ebenso wie durch seinen Geruch vom gasförmigen Phosphorwasserstoff.

3. und 4. Oberflächenschichten von Zink und Silber[2]).

Die Arbeiten über das Zink haben zu einer Mittheilung (vgl. Anh. Nr. 29) geführt, in welcher der Einfluss des verunreinigenden Bleies auf die Korrosionserscheinungen des Metalls näher besprochen wird.

---

[1]) Funk, von Wrochem.

[2]) Mylius, Funk.

Das darin erwähnte *Unterfressen der Oberflächenschicht* gewalzter Bleche ist auch bei dem Silber etwas weiter verfolgt worden. Das angewandte Silber enthielt grösstentheils eine Spur Gold, welche aber nicht ausreicht, die auffällige Erscheinung zu erklären; dieselbe scheint vielmehr bedingt zu werden durch minimale Mengen von Fett, welches bis zu bestimmter Tiefe in das Metall eingewalzt worden ist und demselben nicht mehr durch Lösungsmittel entzogen werden kann.

5. Löslichkeit von Salzen in Wasser[1].

Die Löslichkeit folgender Salze in Wasser von 18° wurde zugleich mit den spezifischen Gewichten der gesättigten Lösungen bestimmt: Lithium-chlorat, -bromat, -jodat, -chromat, -fluorid, Natrium-chromat, -fluorid, Kaliumfluorid, Magnesium-bromid, -jodid, -chlorat, -chromat, -nitrat, Calciumchlorat, Strontiumchlorat, Bleichlorat, Zink-bromid, -jodid, -nitrat, -chlorat.

Die Nothwendigkeit, bei diesen Versuchen den Krystallisationszustand zu beachten, führte zu einigen neuen Beobachtungen über Modifikationen der Krystalle durch die Temperatur.

6. Löslichkeit von Cadmiumsulfat[2].

Wegen der Verwendung zu den von Weston eingeführten Normalelementen musste dem Cadmiumsulfat ein besonderes Studium gewidmet werden.

Nach Étard's Angaben wächst die Löslichkeit dieses Salzes erheblich mit der Temperatur (und zwar dieser proportional) bis 68°, von wo ein steiler Abfall der Kurve erfolgt.

Nach den Versuchen der Reichsanstalt liegt ein scharf ausgesprochenes Maximum der Löslichkeit bei 74°; dasselbe ist bedingt durch den Uebergang des gewöhnlichen Salzes $3\,CdSO_4 + 8\,H_2O$ zu dem Salz $CdSO_4 + H_2O$. Von 0° bis 74° nimmt die Löslichkeit des ersteren Salzes nur wenig zu (von 0° bis 30° schwankt die Konzentration nur von 43,0 bis 43,8 % der Lösung). Unterhalb 0° wird die Löslichkeit des Cadmiumsulfats modifizirt durch die Existenz eines bisher noch nicht beobachteten krystallisirten Hydrates von der Formel $CdSO_4 + 7\,H_2O$, welches die Zugehörigkeit des Cadmiums zur Eisen-Zinkgruppe erkennen lässt. Bei — 17° erhält man das „Kryohydrat" dieses Salzes; bei — 16° ist die Löslichkeit des letzteren nur wenig grösser als die für das gewöhnliche Hydrat oben angeführte; sie nimmt aber mit wachsender Temperatur stark zu, sodass die Lösung bei 0° über 50 % Cadmiumsulfat enthält; sie ist also hier für das gewöhnliche Hydrat übersättigt. Das abfiltrirte Salz $CdSO_4 + 7\,H_2O$ geht im feuchten Zustande bei etwa + 4° unter Wasserabgabe in die gewöhnliche Modifikation über; bei Gegenwart kleiner Mengen der letzteren kann dieser Uebergang auch unterhalb 0° stattfinden, doch verliert sich die Neigung dazu um so mehr, je tiefer die Temperatur ist.

Das Bereich der Verbindung mit 7 Mol. Wasser wird also einerseits von der Temperatur des „Kryohydrats" (— 17°), andererseits von der Schmelztemperatur des isolirten Salzes begrenzt, welche vermuthlich zwischen + 4° und 10° liegt.

Das krystallisirte Cadmiumsulfat ist jetzt genauer bekannt mit einem Gehalt von 0, 1, $^8/_3$ und 7 Molekülen Wasser. Ob zwischen den beiden letztgenannten Formen noch ein Hydrat existirt, erscheint zweifelhaft; durch Zusammenkrystallisiren mit Mangansulfat können Mischkrystalle erzeugt werden, welche 4 Mol. Wasser enthalten; es hat aber nicht gelingen wollen, Krystalle des reinen Cadmiumsalzes mit diesem Wassergehalt zu erzeugen.

7. Bestimmung der spezifischen Gewichte von Kali- und Natronlauge[3].

Einem von Wissenschaft und Technik anerkannten Bedürfniss entprechend ist eine Revision der Tabellen begonnen worden, welche zum Vergleiche der spezifischen Gewichte von Kalilauge und Natronlauge mit ihren Konzentrationen dienen.

Die Berührung der Alkalilaugen mit Glas und mit kohlensäurehaltiger Luft soll dabei möglichst vermieden werden.

Den Beobachtungen wird die Temperatur 18° C. zu Grunde gelegt, weil die in der technischen Chemie vielfach gebräuchliche Temperatur 15° unbequem niedrig ist.

---

[1]) Mylius, Funk.
[2]) Mylius, Funk.
[3]) Dietz.

VI. Arbeiten der Werkstatt. 1. Mechanische Arbeiten [1]).

Im vergangenen Jahre sind bei der Werkstatt 333 Bestellungen für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt eingegangen, die bis auf 20 erledigt worden sind.

An grösseren Arbeiten wurden ausgeführt

2 Stromwender,
1 Kalorimeter,
8 doppelpolige Umschalter für zwei Stromkreise,
2 doppelpolige Umschalter für vier Stromkreise,
2 grosse Quecksilberumschalter,
1 grosser Regulirwiderstand für das Aichzimmer,
1 Beobachtungsfernrohr.

Mit Beglaubigungsstempel wurden versehen

20 Stimmgabeln,
20 Bolzen und Gewinde,
71 Hefnerlampen,
55 Streifen und Stäbe, welche aus verschiedenen Stahl- und Eisensorten zu magnetischen Untersuchungen in der Werkstatt bearbeitet wurden.

3. Versuchswerkstatt [2]).

Die Thätigkeit der Versuchswerkstatt bestand im vergangenen Jahre hauptsächlich in der Betheiligung an den Arbeiten des Laboratoriums für Wärme und Druck (Prüfung der Thermoelemente aus Pt-PtRh, kalorimetrische Untersuchungen u. s. w.).

Ausserdem führte die Versuchswerkstatt die im Bericht des präzisionsmechanischen Laboratoriums erwähnten Härtungen von Stahl-Endmaassen unter Ausschluss der atmosphärischen Luft (Glühen in Wasserstoff), sowie verschiedene Güsse von Probe-Legirungen aus und betheiligte sich an den vom chemischen Laboratorium unternommenen Bestimmungen der Schmelzpunkte von Eisenkarbiden.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
(gez.) Kohlrausch.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. Februar 1896 bis 31. Januar 1897.

Abtheilung I.

A. Amtliche Veröffentlichungen.

1. Thiesen, Scheel und Diesselhorst, Ueber eine absolute Bestimmung der Ausdehnung des Wassers. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 340. 1897.*

2. Scheel, Tafeln zur Reduktion der Ablesungen an Quecksilberthermometern aus *verre dur* und den Jenaer Gläsern 16^{III} und 59^{III} auf die Wasserstoffskale. *Wied. Ann.* ***58.*** *S. 168. 1896.*

3. Holborn, Ueber pyrometrische Messungen mit dem Le Chatelier'schen Thermoelemente. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* ***41.*** *S. 226. 1897.*

4. Holborn und Wien, Ueber die Messung tiefer Temperaturen. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1896. S. 673; Wied. Ann.* ***59.*** *S. 213. 1896.*

5. Kohlrausch, Ueber ein Thermometer für sehr tiefe Temperaturen und über die Wärmeausdehnung des Petroläthers. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 463. 1897.*

6. Kahle, Das Helmholtz'sche absolute Elektrodynamometer und eine Anwendung desselben zur Messung der Spannung des Clarkelementes. *Wied. Ann.* ***59.*** *S. 582. 1896; vgl. auch diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 97. 1897.*

---

[1]) von Liechtenstein.

[2]) Schwirkus.

7. **Jaeger** und **Wachsmuth**, Das Cadmium-Normalelement. *Wied. Ann.* ***59.*** *S. 575. 1896.*
8. **Kohlrausch**, Ueber platinirte Elektroden und Widerstandsbestimmung. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 315. 1897.*
9. **Holborn**, Ueber den zeitlichen Verlauf der magnetischen Induktion. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1896. S. 173.*
10. **Lummer** und **Brodhun**, Photometrische Untersuchungen. VI. Verwendung des Talbot'schen Gesetzes in der Photometrie. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 299. 1896.*

B. Private Veröffentlichungen unter Benutzung von amtlichem Material.

11. **Kurlbaum** und **Wien**, Bearbeitung des physikalischen Theils der „Versuche zur Feststellung der Verwerthbarkeit Röntgen'scher Strahlen für militärisch-chirurgische Zwecke". Mitgetheilt von der Medizinal-Abtheilung des Königlich Preussischen Kriegsministeriums. Berlin 1896.

C. Sonstige private Veröffentlichungen.

12. **Scheel**, Die Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: Thermometer. Meteorologische Instrumente. Waagen und Gewichte. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 110, 121, 129.*
13. **Derselbe**, Thermometer und Barometer auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: *Zeitschr. f. die Glasinstrumenten-Industrie* ***6.*** *S. 3. 1896.*
14. **Derselbe**, Ueber Theilmaschinen der Firma Sommer & Runge. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 321. 1896.*
15. **Lummer**, Wissenschaftliche Vorführungen bei dem 50-jährigen Stiftungsfeste der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 25.*
16. **Gumlich**, Ein neuer Polarisationsapparat von H. Heele. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 269. 1896.*
17. **Derselbe**, Die Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: Polarisationsapparate und Saccharimeter mit Zubehör. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 141 u. 149.*
18. **Derselbe**, Besprechung der optischen Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung in dem offiziellen Werke: „Berlin und seine Arbeit im Jahre 1896". (Im Druck.)
19. **Orlich**, Ueber die Polarisationskapazität von Quecksilberelektroden. Inaug.-Dissert. Berlin 1896.
20. **Diesselhorst**, Ueber das Potential von Kreisströmen. Inaug.-Dissert. Berlin 1896.

Abtheilung II.

A. Amtliche Veröffentlichungen.

21. **Lindeck**, Ueber die elektrische Leitungsfähigkeit von Zement und Beton. *Elektrot. Zeitschr.* ***17.*** *S. 180. 1896.*
22. **Derselbe**, Ueber eine Vergleichung der Widerstandsnormale der „British Association" mit denen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 272. 1896.*
23. **Ebeling** und **Schmidt**, Ueber magnetische Ungleichmässigkeit und das Ausglühen von Eisen und Stahl. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 77. 1896;* Auszug in *Wied. Ann.* ***58.*** *S. 330. 1896.*
24. **Ebeling**, Prüfung der magnetischen Homogenität von Eisen- und Stahlstäben mittels der elektrischen Leitungsfähigkeit. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 87. 1896;* vgl. auch *Wied. Ann.* ***58.*** *S. 342. 1896.*
25. **Ebeling** und **Schmidt**, Untersuchungen über die du Bois'sche magnetische Waage. *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 353. 1896.*
26. Siehe Nr. 10.
27. **Brodhun**, Vorrichtung zum Ablesen einer rotirenden Theilung. *Diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 10. 1897.*

28. **Mylius, Foerster** und **Schoene**, Untersuchungen über den Stahl. I. Das Karbid des geglühten Stahls. *Zeitschr. f. anorgan. Chem.* **13.** *S. 38. 1896;* Auszug in *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.* **29.** *S. 2991. 1896.*
29. **Mylius** und **Funk**, Korrosionserscheinungen an Zinkplatten. *Zeitschr. f. anorgan. Chem.* **13.** *S. 151. 1896.*
30. **Dieselben**, Notiz über die elektrolytische Reinigung des Cadmiums. *Zeitschr. f. anorgan. Chem.* **13.** *S. 157. 1896.*

B. Private Veröffentlichungen unter Benutzung von amtlichem Material.

31. **Leman**, Ueber die Einrichtung und den Gebrauch von Präzisionsmaassstäben. Vortrag gehalten im Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses am 13. April 1896. *Sits.-Ber. des Ver. z. Bef. d. Gewfl. 1896. S. 113.*
32. **Göpel**, Ueber die Prüfung und Untersuchung von Umdrehungszählern nach Dr. O. Braun. Inaug.-Dissert. Tübingen 1896.
33. **Ebeling**, Ueber die magnetischen Arbeiten der II. Abtheilung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Vortrag gehalten bei Gelegenheit der 4. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. *Elektrot. Zeitschr.* **17.** *S. 535. 1896.*
34. **Grützmacher**, Ueber die Beziehung der Angaben des Luftthermometers zu denen des Wasserstoffthermometers. *Zeitschr. f. die Glasinstrumenten-Industrie* **5.** *S. 108. 1896.*
35. **Derselbe**, Ueber Thermometer mit variabler Quecksilberfüllung. *Diese Zeitschr.* **16.** *S. 171. 1896;* Nachtrag zu vorstehender Abhandlung. *Ebenda* **16.** *S. 200. 1897.*
    Beide Abhandlungen ausserdem abgedruckt in der *Zeitschr. f. die Glasinstrumenten-Industrie* **5.** *S. 121 u. 137. 1896.*

C. Sonstige private Veröffentlichungen.

36. **Blaschke**, Die Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: Historische Entwickelung und Organisation. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 69.*
37. **Göpel**, Die Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: Werkzeuge und Werkzeugmaschinen. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 78, 85, 104.*
38. **Lindeck**, Die Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: Elektrische Messinstrumente. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 212.*
39. **Brodhun**, Die Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896: Optische Apparate. *Vbl. d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1896. S. 175.*

Referate.

Libellenquadrant von Butenschön.

Den bereits zahlreichen Instrumenten zur Freihand-Höhenwinkelmessung hat vor einigen Jahren G. Butenschön in Bahrenfeld bei Hamburg einen weitern „Libellenquadranten" beigefügt (D.R.P. Nr. 76 668), den ich in der Anwendung so bequem und so genau finde, dass mir hier einige Worte darüber am Platz zu sein scheinen. Die Konstruktion beruht auf dem bekannten, auch sonst in England, Amerika und Deutschland schon oft verwendeten Prinzip, bei Freihand-Nivellirinstrumenten und Freihand-Höhenwinkelmessern die Blase der (im letzten Fall auf dem Alhidadenarm befestigten) Libelle im Gesichtsfeld des Fernrohrs durch einen kleinen, im Fernrohr unter 45° gegen die Zielung sitzenden Spiegel sichtbar zu machen, sodass man gleichzeitig mit dem Anzielen des Punktes, nach dem der Höhenwinkel gemessen werden soll, das Blasenbild durch den Horizontalfaden halbiren lassen kann. Die Anordnung ist also wesentlich dieselbe wie bei Butenschön's u. A. Freihand-Nivellirinstrumenten (vgl. *diese Zeitschr.* **13.** *S. 350. 1893*); das hier etwas näher beschriebene neuere Instrument für beliebige Höhenwinkel ist ebenfalls in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 152. 1895* schon kurz erwähnt. Mit

dem vor Kurzem in den Besitz der Technischen Hochschule Stuttgart gelangten Instrument (Nr. 10) von 9 *cm* Theilungshalbmesser (Lesung am Nonius 2') und mit etwa 2'-Libelle habe ich eine grössere Zahl von terrestrischen Höhenwinkeln (je mit 5-maliger Wiederholung) gemessen. Aus allen Messungen ergiebt sich als m. F. eines Höhenwinkels (bei Tag) $\pm 3'$, ein gewiss günstiges Resultat. Aus einer grössern Zahl von Zirkummeridianhöhen der Sonne und von Kulminationshöhen heller Sterne ergab sich ferner, dass mein Instrument zwischen 10° und 70° Ablesung keiner bei der 2'-Lesung in Betracht kommenden Exzentrizitätskorrektion bedarf. Die Indexkorrektion ist allerdings 7' bis 8', könnte aber selbstverständlich durch Berichtigung der Libelle oder am Fadenkreuz weggebracht werden, wenn es wünschenswerth erscheinen sollte. Die oben angegebene bei Nacht nicht ganz erreichbare Genauigkeit zeigt, dass das Instrument in der That einen Ersatz für gröbere Messung mit einem kleinen Sextanten zur See bildet, falls man diesen wegen Unsichtbarkeit der Kimm nicht gebrauchen kann und keinen *Kreiselhorizont* hat (bekanntlich macht gegenwärtig in Frankreich das neue Modell des *„horizon gyroscopique“* von dem verstorbenen Admiral Fleuriais, das kürzlich auch hier (*diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 23. 1897*) erwähnt wurde, viel von sich reden; eine neue Publikation von Schwerer fasst die seitherigen Erfahrungen damit zusammen: *Instructions théoriques et pratiques sur l'horizon gyroscopique dans le vide*, Paris 1897, Impr. Nationale). Für topographischen Gebrauch (Höhenwinkel bei Messbandbussolenzügen u. dgl.) könnten Dimensionen und Gewicht des Instrumentchens noch etwas verringert werden.

Hammer.

Ueber Monticolo's Cyclesograph.

Engineering ***82.*** *S. 147. 1896.*

Instrument zum Ziehen von Kreisbögen mit beliebig grossen Halbmessern ohne Benutzung des Mittelpunkts; in der gewöhnlichen Ausführung des Instruments können Kreislinien mit Halbmessern zwischen 30 *cm* und ∞ gezogen werden. Der Halbmesser ist am Instrument einzustellen, die erhaltenen Linien sind streng Kreislinien. Schade, dass — wie gewöhnlich bei solchen Apparaten — ein Nachweis über die erlangte oder zu erlangende Genauigkeit fehlt. *Hammer.*

Ueber graphisch-numerische Aufnahmen mit Hülfe des Viotti'schen Messtisch-Tachymeter-Apparats.

Von V. Baggi. *Rivista di Topogr. e Catasto* ***8.*** *S. 164 u. 189. 1895/96.*

Ausführliche Beschreibung und Abbildung des Instruments, das in Italien an Verbreitung gewinnt. Die entfernungsmessende Kippregel ist mit einem Registrirapparat nach Art des Kreuter'schen und Wagner'schen ausgestattet. *Hammer.*

Elektrischer Kontakt der Hauptuhr des öffentlichen Zeitdienstes in Paris.

Von F. Tisserand. *Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour l'année 1895. S. 19.*

Die 14 öffentlichen Uhren in Paris, für deren richtige Zeitangabe die Sternwarte sorgt, liegen in zwei Stromkreisen, die als westlicher und östlicher Stromkreis unterschieden werden. In jedem Stromkreis liegen 7 Uhren. Jede Gruppe wird von einer am Kopf der Leitung befindlichen Uhr regulirt und diese erst von der Hauptuhr, dem Berthoud'schen Pendel. Der elektrische Kontakt, welchen dieses Pendel bisher besass, ist aus Fig. 1 ersichtlich; zwei horizontale, am oberen Pendelende befestigte Arme trugen auf jeder Seite 3 mit stumpfen Platinspitzen versehene Schräubchen, welche beim Ausschlag des Pendels 3 an ihren Enden mit Platinlamellen versehene Hebel berührten. Jeden Monat wurden die 6 Hebel der Reihe nach behufs Reinigung abgenommen und, ohne dass das Pendel angehalten worden wäre, wieder an ihren Ort gebracht. Einestheils aus dieser Veranlassung, anderntheils weil in den Platinlamellen durch die Wirkung des Oeffnungsfunkens ein kleines Loch entstand, in dem die Schraubenspitzen dann leicht hängen blieben, war der Gang des Pendels nicht von der

erwünschten Gleichförmigkeit, wesshalb die in Fig. 2 skizzirte Kontakteinrichtung angebracht wurde.

Mit dem Steigrad auf gleicher Welle sitzt das mit 60 spitzen Zähnen versehene Rad *r*. In dieses greift der um *p* drehbare Hebel *l* ein, der an seinem oberen Ende ein dreikantiges, in die Zähne von *r* passendes Achatstück und an seinem unteren Ende eine stumpfe Platinspitze *o* trägt. Berührt letztere das Platinende der Feder *a*, so findet Stromschluss statt. Der Hebel *l* hat eine Länge von etwa 12 *cm* erhalten, damit man bei Justirung des Kontaktes nicht Gefahr läuft, das Räderwerk zu stören. Es schien am besten, den Hebel an einer

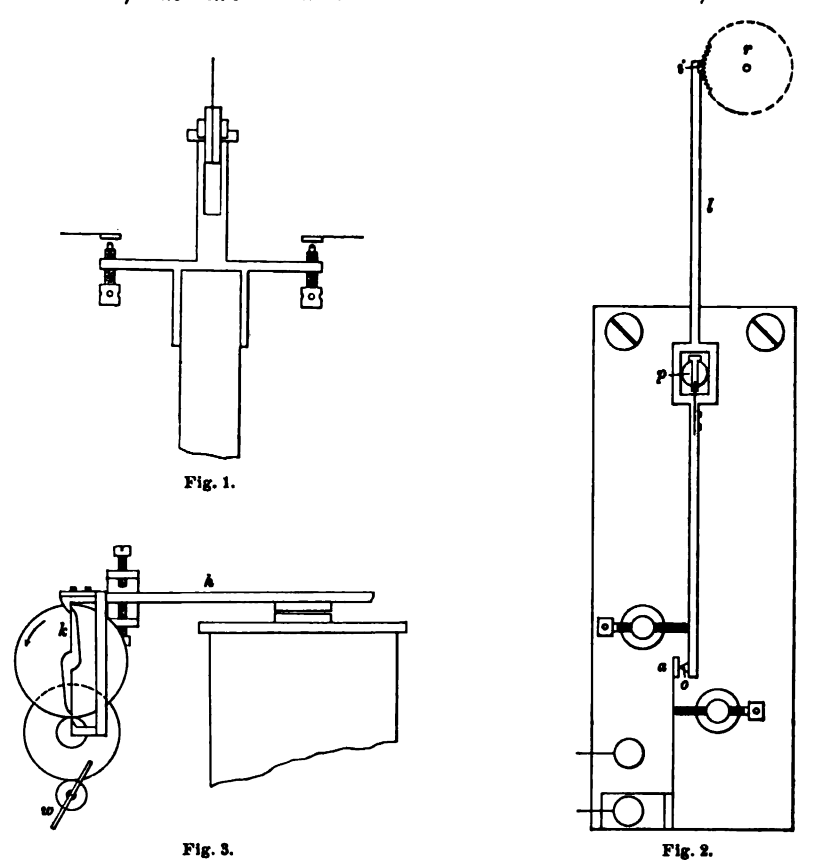


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 2.

Feder aufzuhängen, da bei nicht vollständiger Umdrehung um eine Achse oder bei unvollständiger Drehung einer in zwei Spitzen oder Schneiden auslaufenden Achse dick werdendes Oel leicht störend wirkt.

Die Elektromagnete liegen wie bei allen elektrischen Apparaten der Pariser Sternwarte zur Schwächung des Oeffnungsfunkens in einer Stromabzweigung. Nach dem Vorschlag von d'Arsonval wird der Oeffnungsfunke sogar vollständig vermieden dadurch, dass ausserdem von den beiden Kontaktstücken aus Leitungsdrähte zu einem kleinen Blei-Akkumulator geführt worden sind. Der Akkumulator, sagt Verf., ersetze vollkommen den Fizeau'schen Kondensator.

Bei der Einrichtung, wie sie früher bestand, dauerte die Stromunterbrechung etwa 0,5 Sekunden, bei der neuen Einrichtung dagegen nur etwa 0,05 Sekunden. Um jedoch an den Uhren am Kopf jedes Stromkreises, die bei der längeren Stromunterbrechung gut funktionirt hatten, keine Aenderung vornehmen zu müssen, wurde ein Relais eingeschaltet, welches Fig. 3 darstellt. Es besteht aus einem Räderwerk, das durch ein in der Figur nicht gezeichnetes Gewicht in Bewegung gesetzt wird, sobald der Anker *h* des Elektromagneten bei Unterbrechung des Stromes auf einen Moment gehoben wird. Der dem letzten Rad jenes Räderwerkes fest aufsitzende Doppelhebel *k* macht dann eine halbe Umdrehung, wird hierauf aber

wieder arretirt. Während der auf etwa 0,5 Sekunden regulirten halben Umdrehung des mit *k* verbundenen Rades findet Stromschluss statt.

Sollte die Stromunterbrechung zufällig, etwa durch dazwischen gekommenen Staub, zu lange dauern, so verhindert eine vor das untere Ende von *k* sich stellende zweite Nase eine weitere Drehung des Rades und damit verbundenen wiederholten Stromschluss. Ein Zurückschlagen des Hebels *k* durch den Anprall an die Nase wird durch den Windflügel *w*, mit dem das am schnellsten rotirende Rad versehen ist, unmöglich gemacht. *Kn.*

Ueber ein Thermometer für sehr tiefe Temperaturen und über die Wärmeausdehnung des Petroläthers.

Von F. Kohlrausch. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 463. 1897.*

Unter allen Flüssigkeiten, mit welchen man Versuche anstellte, hat sich nur das Gemisch von Kohlenwasserstoffen, welches man Petroläther nennt, zur Messung tiefer Temperaturen als geeignet erwiesen, und obwohl auch diese Flüssigkeit schliesslich recht zähe wird, kann man doch ein damit gefülltes Thermometer bei einiger Vorsicht bis zur Temperatur der siedenden Luft benutzen.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit geht nun dahin, die Wärmeausdehnung dieser interessanten Flüssigkeit, welche bei 33° siedete und bei 17° eine Dichte von 0,6515 hatte, zu verfolgen. Zu diesem Ende wurden drei mit Petroläther gefüllte Thermometer[1]) mit einem Thermoelement Konstantan-Eisen in einer Reihe von Temperaturbädern (Eis und gewöhnliche Wasserbäder, siedende flüssige Luft bei — 190°, mit Alkohol gemischte siedende Kohlensäure bei — 80° und eine Alkohol-Kohlensäure-Mischung von — 50°) verglichen. Die Instrumente selbst waren Stabthermometer und in Millimeter getheilt; sie tauchten bis an den Einstellungspunkt in das Bad, bei flüssiger Luft tauchten sie sogar ganz unter; in diesem Falle war eine Ablesung durch die Wände des Dewar'schen doppelwandigen Glasgefässes (vgl. *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 375. 1895*) sehr gut möglich.

Die folgende Tabelle giebt die Beobachtungsresultate wieder. In der ersten Spalte findet sich die Beobachtungstemperatur, gemessen in der Wasserstoffskale, in der zweiten die absolute Temperatur und in der dritten das Volumen des Petroläthers bezogen auf das Volumen bei 0°. Die beiden nächsten Spalten geben die mittleren Ausdehnungskoëffizienten zwischen 0° und der Beobachtungstemperatur, sowie endlich die drei letzten Spalten die mittleren Ausdehnungskoëffizienten zwischen benachbarten Beobachtungstemperaturen, einmal in Theilen des Volumens bei 0°, andererseits in Theilen des mittleren Volumens zwischen den Beobachtungstemperaturen. Die Zahlen lassen erkennen, dass mit Ausnahme der Gase und abgesehen von den Flüssigkeiten in der Nähe des kritischen Punktes der Petroläther wohl die grösste bekannte Ausdehnung besitzt.

t	$273+t$	V	Zwischen	α	Zwischen	$\frac{1}{V_0}\frac{\Delta V}{\Delta t}$	$\frac{1}{V_m}\frac{\Delta V}{\Delta t}$
— 188°,0	85°,0	0,7916	0° und — 188°	0,001 11	— 188° und — 80°	0,001 04	0,001 21
— 79,9	193,1	0,9037	0 „ — 80	0,001 21	— 80 „ — 50	0,001 12	0,001 21
— 49,7	223,3	0,9376	0 „ — 50	0,001 25	— 50 „ ± 0	0,001 25	0,001 29
0,0	273,0	1,0000	0 „ + 22,7	0,001 45	± 0 „ + 22,7	0,001 45	0,001 43
+ 22,7	295,7	1,0330	0 „ + 26	0,001 47	+ 22,7 „ + 30,7	0,001 58	0,001 52
+ 26,0	299,0	1,0382	0 „ + 30,7	0,001 48			
+ 30,7	303,7	1,0456					

Mit Hülfe dieser Daten ist es leicht, die Theilung eines Petrolätherthermometers zu konstruiren; die Darstellung der Versuchsergebnisse durch eine einfache Interpolationsformel ist nicht gelungen. *Schl.*

[1]) Der Verfasser macht darauf aufmerksam, dass beim Abziehen des Glases zum Zwecke des Abschmelzens wohl infolge eines entweichenden Dampfstromes bei einigen Instrumenten ein enger Kanal offen geblieben war. Es wird zur Vermeidung dieses Fehlers empfohlen, beim Zublasen die Flüssigkeit in der Kapillare abzukühlen.

Ein einfacher Siedeapparat zur Molekulargewichtsbestimmung.

Von Paul Fuchs. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **22.** *S. 72. 1897.*

Auf das zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüssigkeit dienende Sideröhrchen ist oben ein stählernes Rohr aufgekittet, das den Rückflusskühler und das Thermometer trägt und mit einer verschraubbaren Oeffnung zum Einfüllen der Flüssigkeit versehen ist. Das Sideröhrchen selbst wird mit Quecksilberdichtung in den metallenen Dampfmantel eingesetzt. *Schl.*

Absolutes astatisches Galvanometer von hoher Empfindlichkeit.

Von A. Broca. *Journ. de phys.* (3) **6.** *S. 67. 1897.*

Broca macht nähere Angaben über die Herstellung des Magnetsystems in seinem Galvanometer mit vertikaler Nadelstellung (s. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 317. 1896*).

Zu einer vollkommenen Astasirung ist zunächst erforderlich, dass die Magnete vollständig gerade sind. Broca hängt die Stäbchen auf und belastet sie unten mit einem Gewicht. Wenn er sie alsdann durch einen elektrischen Strom glühend gemacht hat, bringt er sie in Wasser, indem er ein untergestelltes Gefäss mit Wasser anhebt. Auf diese Weise hat er gerade Nadeln von 10 *cm* Länge erhalten.

Alsdann streicht er mit dem Pol eines Magneten über die Mitte einer derartigen Nadel; er erhält dann in der Mitte einen Folgepol. Durch Eintauchen in Eisenfeilicht kann man erkennen, ob die Magnetisirung gleichmässig ist. Durch ballistische Messungen wurde gefunden, dass die Pole 0,9-mal so stark waren, als wie bei einer gewöhnlichen Nadel.

Der Folgepol befindet sich an der Stelle, die zuletzt mit dem Magneten in Berührung war. Hängt man also die Nadel horizontal auf und zeigt sich alsdann noch eine Richtkraft, so kann man leicht die Lage des Folgepols so verbessern, dass die Nadel vollkommen astatisch wird.

Derartig angefertigte Nadeln haben nach Angabe des Verfassers in 5 Monaten ihre Eigenschaften nicht verloren, was natürlich für die Brauchbarkeit dieser Anordnung von grösster Bedeutung ist. *E. O.*

Ein neuer Apparat zur Prüfung der magnetischen Eigenschaften von Eisenproben.

Von J. A. Ewing. *The Electrician* **38.** *S. 110. 1896.*

Seit langer Zeit ist das Bestreben der Techniker darauf gerichtet, die mühsamen Methoden zur Prüfung der magnetischen Eigenschaften des Eisens durch einfachere zu ersetzen, die bei mässiger Genauigkeit kein besonders geschultes Personal zur Ausführung nöthig haben (vgl. z. B. den Hysteresis-Prüfer desselben Verfassers, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 284. 1896*). Zu diesem Zweck ist auch der neue Apparat von Ewing konstruirt worden.

Ewing knüpft an die bekannte Jochmethode an. Zwei gleiche Probestücke werden in die Jochstücke so eingeklemmt, dass die Länge L_1 des Probestückes, wie dies du Bois bei seiner magnetischen Waage schon ausgeführt hat, zwischen den Jochen $4\,\pi$ wird. Ueber die Proben sind zwei gleiche Magnetisirungsspulen mit je 100 Windungen geschoben. Wird die eine Spule vom Strom *i Ampère* durchflossen, so ist die magnetomotorische Kraft im Innern dieses Solenoïdes

$$\mathfrak{H}' = \frac{0{,}4\,\pi\, i\, n_1}{L_1} = 10\, i.$$

Von dieser magnetomotorischen Kraft wird nun ein Theil zur Ueberwindung des Kontaktwiderstandes und des magnetischen Widerstandes der Joche verwendet, sodass auf den andern Stab nur die Kraft $\mathfrak{H} = \mathfrak{H}' - \frac{\varepsilon}{L_1}$ entfällt.

Nachdem man nun bei dieser Anordnung durch die ballistische Methode die Beziehung zwischen der scheinbaren magnetisirenden Kraft $\mathfrak{H}'$ und der Induktion $\mathfrak{B}$ festgestellt hat,

werden die Spulen durch solche von halber Länge mit 50 Windungen ersetzt und die Joche auf die halbe Entfernung eingestellt. Die scheinbare magnetisirende Kraft ist dann

$$\mathfrak{H}'' = \frac{0{,}4\pi i n_2}{L_2} = 10\, i = \mathfrak{H}',$$

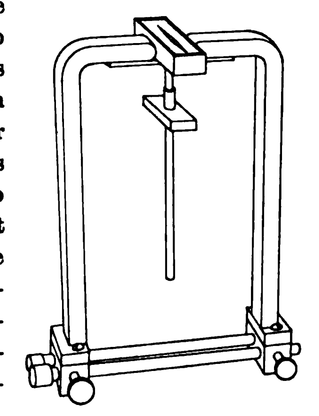
die wirkliche dagegen $$\mathfrak{H} = \mathfrak{H}'' - \frac{\varepsilon}{L_2}.$$

Es wird abermals die Beziehung zwischen $\mathfrak{H}''$ und $\mathfrak{B}$ bestimmt. Da bei homogenen Stücken für die gleiche Induktion die wirkliche magnetisirende Kraft und auch die Korrektion ε in beiden Fällen die gleiche sein muss, so erhält man unter Berücksichtigung von $L_1 = 2\, L_2$ das Korrektionsglied

$$\frac{\varepsilon}{L_1} = \mathfrak{H}'' - \mathfrak{H}'$$

und damit auch die richtige Beziehung von $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{B}$. Diesen Normalstab, dessen magnetische Eigenschaften nun genau bekannt sind, verwendet Ewing für seine „magnetische Brücke".

Diese Brücke besteht aus einem grossen rechteckigen Bügel aus Eisen, der auf die Joche des soeben beschriebenen Apparates aufgesetzt wird (s. Fig.). In die obere Seite des Bügels ist ein schmaler Luftraum eingeschnitten, in den eine Magnetnadel eingesetzt ist. Diese kann durch einen unterhalb angebrachten Richtmagneten senkrecht zur Ebene des Rahmens eingestellt werden. Werden nun in die Joche zwei Stäbe von gleichen magnetischen Eigenschaften eingesetzt und in gleicher Weise so erregt, dass in dem einen Stab die Kraftlinien von links nach rechts, im anderen von rechts nach links verlaufen, so können durch den Bügel keine Kraftlinien gehen, die Nadel bleibt also in Ruhe. Dagegen erfährt sie eine Ablenkung, sobald die Stäbe magnetisch ungleich sind. Um Gleichgewicht wieder herzustellen, wird die Windungszahl des Solenoïds durch einen Vielfachschalter verändert. Um dabei die Stromstärke nicht zu verändern, ist dieser Vielfachschalter mit einem Rheostaten zwangsläufig verbunden.



Soll nun ein Stab untersucht werden, so klemmt man diesen und den Normalstab in das Joch ein. Die magnetisirende Kraft im Normalstab beträgt $10\, i$; ist dann die Magnetnadel in ihre alte Stellung zurückgebracht, wenn durch den Vielfachschalter a Windungen eingeschaltet sind, so ist offenbar die zugehörige magnetisirende Kraft $(a/100)\, 10\, i = (a/10)\, i$. Entnimmt man noch aus der Kurve für den Normalstab die zu $10\, i$ gehörende Induktion $\mathfrak{B}$, so ist dies auch die Induktion, die der magnetisirenden Kraft $(a/10)\, i$ des Prüfungsstabes entspricht. Durch Verändern der Stromstärke erhält man so in einfachster Weise die Magnetisirungskurve. Allerdings ist es nothwendig, dass die $\mathfrak{B}$-$\mathfrak{H}$-Kurve für den Normalstab mit möglichster Genauigkeit bestimmt ist. *E. O.*

Drehwaage für absolute Messungen.

Von Karl Strecker. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 209 u. 311. 1896.*

Der Apparat dient zur Bestimmung der horizontalen Stärke des magnetischen Feldes der Erde und des magnetischen Moments eines Magneten in absolutem Maasse. An einem doppelten Faden ist ein Ring aus Messingblech von 10 *cm* Durchmesser so aufgehängt, dass die Ringebene waagrecht liegt. Der Rand des Ringes bildet einen Zylindermantel von 0,5 *cm* Höhe, der oben und unten von einem Wulste begrenzt wird. Unterhalb des Ringes ist ein Lager für einen Stahlmagnet angebracht, der parallel zu einem Durchmesser des Ringes eingelegt wird. Am Mantel des Ringes sind in zwei Gegenpunkten feine Seidenfäden befestigt, die um den Ring geschlungen sind und an ihren Enden feine Drahthäkchen tragen. Der Ring nebst Magnet hängt an einem Holzgestell über einer mit Theilung versehenen Scheibe, die um ihren Mittelpunkt drehbar ist und in jeder Lage festgeklemmt werden kann.

Der Ring trägt einige Zeiger, die auf der Theilung der Scheibe spielen. Zu beiden Seiten des Ringes hängen von dem Gestell an leichten Fäden kleine Gewichte herab, deren Aufhängungspunkte am oberen Balken des Gestells messbar verschoben werden können. Wenn man den Rand des Ringes mit diesen Gewichten durch die um den Ring geschlungenen Fäden verbindet, so ist man im Stande, durch Verschiebung der Aufhängepunkte der Gewichte ein Drehungsmoment auf den Ring auszuüben, das in absolutem Maasse leicht gemessen werden kann. Bei geeigneter Grösse dieser Verschiebung kann man den Magneten in eine zum Meridian senkrechte Lage bringen, sodass das von den magnetischen Kräften herrührende Drehungsmoment dem mechanisch erzeugten gleich und entgegengesetzt ist. Nun stellt man dem drehbaren Magneten einen zweiten feststehenden gegenüber, der in der Richtung des Meridians in gleicher Höhe mit dem ersten liegt. Dieser ablenkende Magnet wird auf einen besonders hierfür hergerichteten Holzklotz mit aufgesetzten Schneiden aus Messing und Visiröffnungen gelegt, das eine Mal so, dass seine Wirkung die des Erdmagnetismus unterstützt, und das andere Mal so, dass er dem Erdmagnetismus entgegenwirkt. Die Einzelheiten des Baues und der Rechnung sind *a. a. O.* nachzulesen. Die Drehwaage wird von G. Lorenz in Chemnitz zum Preise von 90 bis 100 M. geliefert. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher.

Gustav Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik. 1. Band. Mechanik. 4. Auflage. Hrsg. v. Prof. Dr. W. Wien, Dozent a. d. Techn. Hochschule in Aachen. gr. 8°. X, 464 S. m. 18 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner 1897. 13,00 M.

Die neue, vierte Auflage der Kirchhoff'schen Vorlesungen über Mechanik hat gegen die vorhergehende keine wesentlichen Veränderungen erfahren. Es sind nur eine Anzahl von Druckfehlern und kleinern unbedeutenden Unrichtigkeiten verbessert worden, die übrigens in besonderen Fussnoten vermerkt sind. Es dürfte daher überflüssig sein, näher auf den Inhalt des allgemein bekannten und anerkannten Buches einzugehen. *Kr.*

O. Müller, Hülfstafeln f. praktische Messkunde nebst logarithmisch-trigonometrischen Tafeln. 8°. 144 S. Zürich, F. Schulthess. 2,40 M.; geb. in Leinw. 3,20 M.

A. v. Schweiger-Lerchenfeld, Atlas d. Himmelskunde auf Grundlage der Ergebnisse d. coelestischen Photographie. 62 Kartenseiten (m. 135 Einzeldarstellgn.), 62 Folio-Bogen Text u. etwa 500 Abbildgn. In 30 Lfgn. 1 Lfg. Fol. 12 S. m. 3 Taf. Wien, A. Hartleben. Je 1,00 M.

G. Kapp, Elektrische Wechselströme. Deutsche Ausg. v. Ingen. Herm. Kaufmann. 2. Aufl. gr. 8°. V, 92 S. m. Fig. Leipzig, O. Leiner. 2,00 M.; geb. 2,75 M.

L. Callou, *Applications de l'Electricité dans la Marine. Electricité pratique, Cours professé à l'Ecole supérieure de la Marine.* 2. Ausg. gr. 8°. Mit 300 Fig. 7,00 M.

C. G. Knott, *Physics. Elementary textbook for University Classes.* 8°. 644 S. m. Fig. London 1897. Geb. in Leinw. 7,80 M.

Mittheilungen d. Materialprüfungs-Anstalt am Eidgenöss. Polytechnikum in Zürich. Heft V: L. Tetmajer, Bericht üb. den Neubau, die Einrichtung u. die Betriebsverhältnisse der Eidgenöss. Materialprüfungs-Anstalt. 2. umgearb. Aufl. gr. 8°. 276 S. m. 12 Taf. Zürich 1897. 5,00 M.

G. Kapp, Dynamomaschinen f. Gleich- u. Wechselstrom und Transformatoren. Deutsche Ausg. v. L. Holborn u. K. Kahle. 2. Aufl. gr. 8°. VIII, 374 S. m. 165 Fig. Berlin, J. Springer. — München, R. Oldenbourg (Auslieferung bei Springer). Geb. in Leinw. 8,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **Juli 1897.** Siebentes Heft.

Untersuchungen und Verbesserungen Fuess'scher Siedeapparate zum Höhenmessen.

Von

Fr. Grützmacher, Technischem Hülfsarbeiter bei der Phys.-Techn. Reichsanstalt.

Ueber die Verwendung von Aneroïdbarometern zu Höhenmessungen, sowie über die Nachwirkungserscheinungen bei diesen Instrumenten und die Berücksichtigung der hieraus resultirenden Fehler liegen schon mehrfache Untersuchungen vor. Auch über die seit mehreren Jahren ziemlich allgemein gewordene Benutzung von Siedethermometern ist in verschiedenen Veröffentlichungen berichtet worden; über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Siedeapparate an sich scheinen jedoch bisher besondere Untersuchungen nicht angestellt zu sein. Den Hypsometern ist zwar wegen ihrer grösseren Genauigkeit gegenüber den Aneroïden allseitig grosse Anerkennung zu Theil geworden, trotzdem gaben die in letzter Zeit von Dr. A. Galle[1]) beim Gebrauch des Siedeapparates im Riesengebirge gemachten Erfahrungen zu Bedenken an der Zuverlässigkeit des Apparates Veranlassung[2]).

Die unter Beobachtung aller möglichen Vorsichtsmaassregeln ausgeführten Höhenbestimmungen ergaben nämlich nicht in allen Fällen gute Resultate. Wie weit hierbei die Abweichungen der aus den beobachteten Siedetemperaturen berechneten von den auf trigonometrischem Wege gemessenen Höhen allein den Bestimmungen mit dem Siedeapparat, oder wie weit sie der barometrischen Höhenmessmethode überhaupt zuzuschreiben sind, liess sich ohne Weiteres nicht entscheiden, da ja Untersuchungen über die Zuverlässigkeit des Apparates an sich bisher nicht bekannt waren. Bei der Auseinandersetzung der von ihm angewandten Vorsichtsmaassregeln deutet Galle nun auf eine Unsicherheit beim Gebrauche des Siedeapparates hin, welche ohne Zweifel aus nicht richtig angewandter Flammenhöhe entstehen könne. Er schlägt dann eine Verbesserung des Fuess'schen Siedeapparates vor, und zwar durch Vergrösserung des Kochgefässes in der Breite.

Wenn also trotz aller angewandten Vorsichtsmaassregeln doch noch Zweifel an der Zuverlässigkeit des Siedeapparates und berechtigte Wünsche in Betreff einiger

---

[1]) A. Galle, Höhenbestimmungen mit Siedethermometern im Riesengebirge. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin* ***31.*** *1896.*

[2]) Derselbe erwähnt an anderer Stelle, dass Dr. Philippson über die Einrichtung des Apparates und die Umständlichkeit seiner Benutzung Klage geführt habe, aus welchen Gründen während einer längeren Reise trotz der Unsicherheit der mitgeführten Aneroïde leider nur sechsmal Siedebestimmungen ausgeführt worden waren. Vgl. A. Philippsons Höhenmessungen in Nord- und Mittelgriechenland und Türkisch-Epirus im Jahre 1893. Berechnet von A. Galle. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin* ***29.*** *1894.*

Verbesserungen hervortreten konnten, so schien eine Untersuchung desselben um so mehr nothwendig zu sein, als wohl hier und da immer noch Fälle von mangelhafter Sorgfalt[1]) bei Benutzung von Beobachtungsinstrumenten vorkommen mögen. Zunächst war es also nöthig, die gebräuchlichsten Siedeapparate einmal auf ihre Zuverlässigkeit hin zu untersuchen und im Anschluss hieran eventuell die betreffenden Verbesserungen anzubringen, damit die Apparate sich unter allen Umständen brauchbar erweisen. Zum Zwecke der Untersuchung der am meisten bekannten Siedeapparate wurde Herr Fuess in Steglitz gebeten, einige derselben der Reichsanstalt zur Verfügung zu stellen, was auch mit der grössten Bereitwilligkeit geschah.

Eingesandt wurden 2 Apparate, einer von älterer und einer von neuerer Konstruktion, von denen der ältere der bekanntere ist, da er grosse Verbreitung gefunden hat. Derselbe ist jedenfalls auch bei den Höhenbestimmungen von Galle benutzt worden. Dieser (v. Danckelman-Fuess'sche) Apparat ist sehr dauerhaft aus starkem Kupferblech gearbeitet und umfasst folgende Bestandtheile: Auf ein zylindrisches, etwa 85 *ccm* fassendes Siedegefäss von 4 *cm* Durchmesser und 7 *cm* Höhe ist ein doppelwandiges Dampfrohr gesteckt von 16 *mm* innerem und 23 *mm* äusserem Durchmesser. Die das Dampfrohr bildenden beiden Zylinderrohre sind an beiden Enden durch abschliessende Metallringe fest mit einander verlöthet. Der im inneren Rohre aufsteigende Wasserdampf streift an dem mit einem abdichtenden Gummiringe hineingehängten Thermometer vorbei, tritt oben durch seitliche Oeffnungen in den Zwischenraum und aus diesem dann erst am unteren Ende durch eine seitliche Oeffnung ins Freie. Um ein Flackern bezw. Auswehen der Flamme zu verhindern und die Heizgase möglichst auszunutzen, wird die zugehörige Spirituslampe von unten in einen kupfernen, mit Dreifuss versehenen Schutzmantel gehängt, während das Siedegefäss von oben hineingesteckt wird. Für Zu- und Abluft befindet sich im Boden und im Deckel des Schutzmantels eine Reihe von Löchern. Ferner gehört zum Apparat ein Doppelgefäss zur Aufnahme des mitzuführenden Wassers und Spiritus. Vorstehende Bestandtheile nebst 2 zugehörigen Siedethermometern werden in einem ovalen Kupferetui untergebracht, welches dann wieder in einem starken Lederfutteral am Riemen getragen werden kann. Das Gewicht dieses Apparates mit allen seinen Bestandtheilen und Verpackungen (jedoch ohne Spiritus- und Wasserfüllung) beträgt gegen 1800 *g*. Die Länge des ebenfalls ovalen Lederfutterals beträgt 32,5 *cm*, der grösste Durchmesser 10 *cm*.

Der neuere (Habel-Fuess'sche) Apparat[2]), welcher in einem hölzernen, mit Eisenblech ausgeschlagenen Schutzkasten aufgestellt und transportirt wird, ist etwas leichter und kompendiöser als der vorige, da er aus dünnem Messingblech angefertigt ist und nur aus Siedekessel, Dampfrohr und Spirituslampe besteht. Sein Gewicht beträgt (ebenfalls ohne Spiritus- und Wasserfüllung) nur etwa 1100 *g*. Dazu würde aber noch das Gewicht von 2 Thermometern (etwa 100 *g*) nebst dem der nothwendigen Hülsen und eines besonderen Wassergefässes kommen, da dem Apparat ein solches nicht beigegeben ist, und da auch der Siedekessel selbst nicht verschliessbar ist. Die Länge des rechteckigen Kastens beträgt 22,5 *cm*, seine Breite 9 *cm*. Der

[1]) A. von Danckelman, Die elastischen Nachwirkungserscheinungen bei dem Gebrauch der Aneroïde im Hochgebirge. *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin* **26.** *1891.*

[2]) Dieser Apparat ist dem von Baudin verfertigten ziemlich ähnlich und hat mit ihm die Leichtigkeit und die Aufstellung in einem Schutzkasten gemeinsam; jedoch ist er demselben in solider mechanischer Ausführung und auch im Material überlegen. Letzterer ist nämlich in gewöhnlicher Ausführung aus Weissblech angefertigt. Der rechteckige Schutzkasten ist 28 *cm* hoch und 11,5 *cm* breit.

Siedekessel dieses Apparates hat einen grösseren Durchmesser als der vorige (und zwar von 6 *cm*), dagegen eine geringere Höhe (von 4 *cm*), der Inhalt ist nahezu derselbe (etwa 90 *ccm*). Eine weitere wesentliche Aenderung dieses Apparates besteht darin, dass das Dampfrohr zusammenschiebbar ist und einen inneren Durchmesser von 23 *mm* und einen äusseren von 35 *mm* hat. In Folge der grösseren lichten Weite des inneren Rohres wird es sich daher leicht vermeiden lassen, dass das Thermometergefäss die Wand des Rohres berührt, auch ist das Entstehen von Ueberdruck und damit verbundener höherer Temperatur in dieser Beziehung weniger zu befürchten.

Der mit dem älteren Apparat in Bezug auf seine Zuverlässigkeit vorgenommene Versuch wurde folgendermaassen ausgeführt. Zwei in $^1/_{10}$ Grade getheilte Siedethermometer wurden in den grossen Wasserdampfapparat der Reichsanstalt (Abth. II) gesteckt, welcher für die Normalthermometer zur Bestimmung des Siedepunktes benutzt wird. Nach halbstündigem Kochen wurden die Thermometerstände abgelesen. Inzwischen war der kleine Siedeapparat angeheizt worden, die Flammenhöhe betrug 4 bis 8 *cm*. Jetzt wurde schnell ein Thermometer aus dem grossen Apparat herausgenommen und in den kleinen hineingesteckt. Die nach 5 Minuten ausgeführte Ablesung ergab bei gleicher Anzahl der aus dem Dampfraume herausragenden Grade des Quecksilberfadens und unter Berücksichtigung des im grossen Apparat herrschenden Ueberdrucks dieselbe Temperatur. Dasselbe bestätigte sich, als das benutzte Thermometer mit dem zur Kontrole etwaiger Barometerschwankungen im grossen Siedeapparate belassenen Instrumente vertauscht wurde. Bei *mässiger* Flammenhöhe (etwa 6 *cm*) hatte der Wasserdampf im kleinen Apparate offenbar richtige Temperatur. Bei *grösserer* Flammenhöhe trat aber die von Dr. Galle ausgesprochene Befürchtung ein, denn als die Spiritusflamme bis auf 12 *cm* Höhe vergrössert wurde, zeigte das Thermometer in wenigen Minuten um 0,2° und in ferneren 2 Minuten schon um 0,5°, d. i. etwa = 15 *mm* zu hoch, sodass die grosse Flamme schnell fortgenommen werden musste! Als dann gleich wieder eine kleine Flamme unter den Apparat gesetzt wurde, zeigte das Thermometer auch alsbald wieder richtige Temperatur, welche stets an dem im grossen Dampfapparat der Reichsanstalt belassenen zweiten Thermometer kontrolirt wurde. Beobachtet man also die Vorsichtsmaassregel, den Apparat nur bei möglichst gefülltem Siedekessel und einer Flammenhöhe von etwa 5 bis 8 *cm* zu benutzen, sodass die Flammenspitze nur den Boden, nicht aber auch die Seitenwand des Kessels berührt, so wird der Apparat stets richtige Temperaturen zu messen gestatten.

In ähnlicher Weise wurde der zweite (Baudin-Habel-Fuess'sche) Apparat untersucht. Ein hierzu benutztes, von 2 zu 2 *mm* der Dampfspannungskurve getheiltes Siedethermometer wurde zuerst wieder nach halbstündigem Sieden im grossen Dampfapparat beobachtet, wozu der Stand des Normalbarometers abgelesen wurde. Inzwischen war der kleine Siedeapparat durch eine Spiritusflamme von 3 *cm* Höhe angeheizt worden. Das Wasser siedete nach 10 Minuten. Als nun die Thüre des Schutzkastens, welche zum Zwecke des schnelleren Kochens bisher geschlossen gewesen war, geöffnet wurde, zeigte es sich, dass die Flamme durch Erwärmung des Spiritus in der Lampe sich bis zu 6 *cm* Höhe gesteigert hatte. Dieselbe wurde zwar bis auf 3,5 *cm* Höhe ermässigt, nahm jedoch wieder in dem die Wärmestrahlung verhindernden Schutzkasten derart zu, dass jetzt sogar die im Lampengefäss entwickelten Spiritusgase aus den Luftlöchern der Lampe herausbrannten. Das Thermometer zeigte hierbei nur einen um 0,26 *mm* = 0,009° C. höheren Stand, als vorhin im grossen Siede-

apparat. Eine Aenderung des Barometerstandes war inzwischen nicht eingetreten, derselbe hat auch im ganzen ferneren Verlauf der Untersuchung dieses Apparates nur um 0,1 *mm* zugenommen. Der etwas zu hohe Stand des Thermometers ist wohl zum grossen Theil nur durch Ueberdruck, nicht aber durch Ueberhitzung durch die Flammengase zu erklären, denn als nun (versuchsweise bei geschlossener Thür) die Hitze im Schutzkasten sich derart steigerte, dass die Flammen oben herausschlugen, wurde ein nur noch um 0,1 *mm* höherer Stand des Thermometers beobachtet. Allerdings ist nun auf eine noch etwa eintretende Ueberhitzung des Dampfes nicht mehr gewartet worden, weil die Flamme schnell ausgelöscht werden musste, da der Schutzkasten anzubrennen drohte. Zehn Minuten nach Auslöschen der Flamme betrug die Temperatur des Spiritus in der sofort aus dem Kasten herausgenommenen Lampe noch 47° C.

Um eine fernere Entzündung des Spiritus im Gefässe zu vermeiden, wurde derselbe noch mit Wasser verdünnt; der Kessel wurde von Neuem mit Wasser gefüllt, und der Apparat dann zum Zwecke eines neuen Siedeversuchs ins Freie getragen. Es war gerade ziemlich stürmische Witterung und deshalb sehr interessant, unter solchen Umständen einmal die Wirkung des Schutzkastens zu erproben. Der Apparat wurde natürlich so aufgestellt, dass die Thür bezw. die Luftlöcher des Schutzkastens sich auf der dem Winde abgewendeten Seite befanden. Die Flamme, welche nur 2,5 *cm* hoch war, wehte zwar sehr stark hin und her, wurde aber selbst bei offener Thür nicht ausgeblasen. Als dann die Thür geschlossen wurde, steigerte sich die Flammenhöhe wieder bis auf etwa 5 *cm*, durch das Hin- und Herjagen der Flamme konnte dieselbe jedoch nicht recht zur Wirkung kommen, sodass das Wasser erst nach etwa 25 Minuten siedete. Eine Ablesung am Thermometer war nicht möglich, da der Stand der Quecksilbersäule sich fortwährend bis um 25 *mm* änderte. Im Zimmer stellte sich jedoch sofort wieder konstante und, wie schon oben bemerkt wurde, nahezu richtige Temperatur ein. Der bis 0,25 *mm* zu hohe Stand kann theilweise durch Ueberdruck, theilweise aber auch wohl durch Beobachtungsfehler erklärt werden, da 0,1 *mm* erst $= {}^1/_{20}$ eines Theilungsintervalles ist.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich also erstens, dass der Apparat brauchbare Resultate liefert, zweitens, dass der Schutzkasten wegen seiner kompendiösen Form in ruhiger Luft (wobei seine Benutzung ja überflüssig ist) wohl zur Ueberhitzung von hochgradigem Spiritus in der Lampe, jedoch nicht zu grösserer Ueberhitzung des Wasserdampfes Veranlassung geben kann, und drittens, dass der Schutzkasten bei stürmischer Witterung sehr wesentliche Dienste leistet, denn *ohne* denselben wäre beim letzten Versuch die Flamme jedenfalls ausgeweht worden, während andererseits in einem Zelte oder im Schutze einer Bergwand sicher eine Ablesung möglich gewesen wäre.

Die vorhandenen beiden Apparate geben also sehr wohl richtige Resultate, jedoch nur bei Beobachtung gewisser Vorsichtsmaassregeln. Es war daher wünschenswerth, einen Siedeapparat zu besitzen, der in allen Fällen, d. h. also auch in den extremsten, brauchbar ist und ausserdem, namentlich für längere Reisen, mit beliebigem Feuerungsmaterial angeheizt werden kann. Man musste also versuchen, die vorhandenen Mängel bei den bisherigen Apparaten zu beseitigen und durch möglichst einfache und praktische Verbesserungen zu ersetzen.

Die Anordnung des Apparats in einem (etwas grösseren) Schutzkasten beizubehalten, schien vortheilhaft. Ferner hatte es sich nützlich erwiesen, den Siedekessel, besonders in der Breite, grösser zu wählen; auch ein etwa entstehender Ueberdruck

konnte nur durch ein weiteres Dampfrohr vermieden werden. Schliesslich war der Siedekessel noch derart zu konstruiren, dass er auch direkt etwa auf Kohlenfeuer gesetzt werden könnte, ohne dass der in ihm entwickelte Dampf Ueberhitzungen ausgesetzt wäre. Am einfachsten und sichersten wird dieser Zweck wohl erreicht, wenn der Siedekessel, wie bei dem Apparate der Reichsanstalt, aus zwei besonderen Dampfentwicklungsräumen zusammengesetzt ist, bei denen das Wasser des inneren Kessels nur durch den Dampf des äusseren angeheizt wird, also nie überhitzt werden kann. Solchen in Fig. 1 im Durchschnitt gezeichneten Doppelkessel in der bisher für Siedeapparate üblichen Grösse zu konstruiren, ging jedoch nicht an, da die Dimensionen des inneren Kessels hierbei zu klein geworden wären. Andererseits war es aber auch nicht wünschenswerth, die bisherigen Grössenverhältnisse auf Kosten der bequemen Transportfähigkeit des Apparats wesentlich zu überschreiten. Zur Probe wurde daher ein Kessel von der durch Fig. 2 dargestellten Form angefertigt, bei dem der aus dem Wasser des äusseren Kessels entwickelte Dampf nur das obere Ende des inneren Kessels

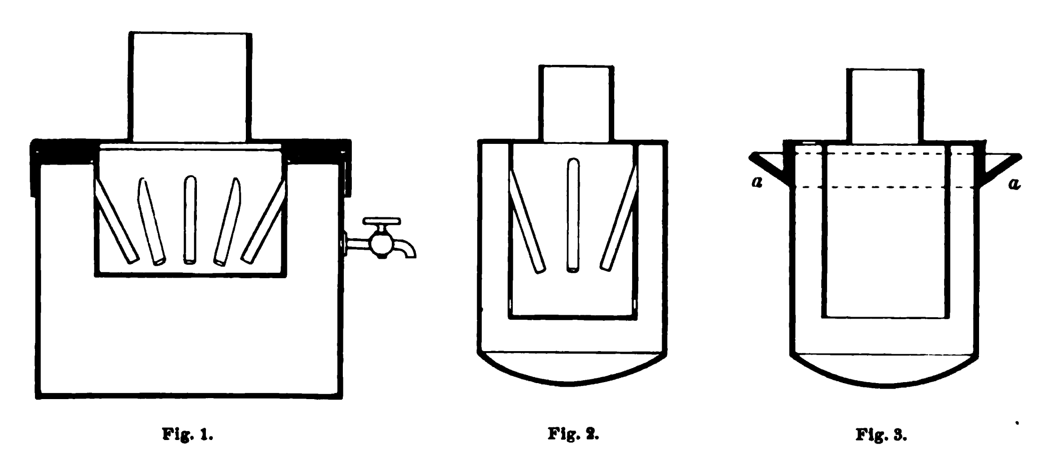


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

umspülen, durch die Röhrchen in das Wasser desselben eindringen und dann erst nach Abgabe der überschüssigen Wärme am Thermometer vorbei durch das Dampfrohr entweichen sollte. Die mit dem im Uebrigen nach vorstehenden Intentionen verbesserten Apparate angestellten Versuche wurden in ähnlicher Weise ausgeführt, wie vorher beschrieben worden ist. Da jedoch die Angaben des dem Apparate beigegebenen Siedethermometers während der Untersuchung einen Anstieg (von 0,4 *mm* der Dampfspannungskurve) erfuhren, über dessen Verlauf sich natürlich nachträglich genaue Zahlenwerthe nicht mehr ermitteln liessen, so musste man sich mit angenäherten Resultaten begnügen. Darnach ergab sich, dass der Apparat bei Flammenhöhen zwischen 5 und 15 *cm* in Zimmertemperatur (bei 21°) und im Freien (bei —2°) bis auf 0,2 *mm* der Spannungskurve richtige Temperaturen lieferte. Diese übrigbleibenden Abweichungen lassen sich wohl theils durch Beobachtungsfehler an dem von 2 zu 2 *mm* getheilten Thermometer, theils durch die Unsicherheit der Fadenkorrektion und der für den Anstieg berücksichtigten Werthe erklären. Nur in einem Falle zeigte das Thermometer, wahrscheinlich in Folge einer Erwärmung des Quecksilbergefässes durch Spritzwasser, einen um 0,6 *mm* zu hohen Stand. Als bei einer Wiederholung der Siedeversuche am folgenden Tage im unteren Ende des Dampfrohres ein kleines Drahtnetz eingeschaltet war, ist dieser Fall nicht wieder eingetreten. Ferner hat bei den verschiedensten Flammenhöhen keine wesentliche Erhitzung des Spiritusgefässes und damit verbundene Steigerung der Flammenhöhe stattgefunden.

Trotzdem waren auch bei dem zuletzt benutzten Siedekessel noch einige Aenderungen wünschenswerth; z. B. war es nothwendig, die am Verschlussdeckel des Kessels angebrachte Ansatztülle, welche beim Transport des Apparats dem Dampfrohr als Halt dienen sollte, fortzulassen. Da nämlich bei dem verschlossenen und zusammengesetzten Apparat der Verschlussdeckel kaum zu sehen war, so wäre ein Uebersehen dieses Umstands und damit eine Sprengung des Kessels sehr leicht möglich gewesen. Ferner hatte sich der Innenraum des äusseren Kessels, da er zum Entweichen der Luft nach Aussen hin keine Verbindung hatte, nur theilweise mit Wasser füllen lassen. Die im oberen Theile verbleibende Luft drückt dann beim Anheizen des Kessels im Verein mit dem entwickelten Dampfe bis zum unteren Ende der Röhrchen das Wasser aus dem Zwischenraum heraus und in den inneren Kessel hinein. Dieser musste dann natürlich überlaufen, sodass auf diese Weise einerseits ein beträchtlicher Theil des Siedewassers verloren ging, andererseits die eingeschlossene Luft wieder zu Ueberhitzungen Veranlassung geben konnte. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, wurde in dem hierauf konstruirten Kessel von oben nach dem Zwischenraum hin eine kleine verschliessbare Oeffnung angebracht, welche sowohl beim Füllen des Kessels der Luft den Austritt gestatten, als auch den überhitzten Dampf entweichen lassen sollte.

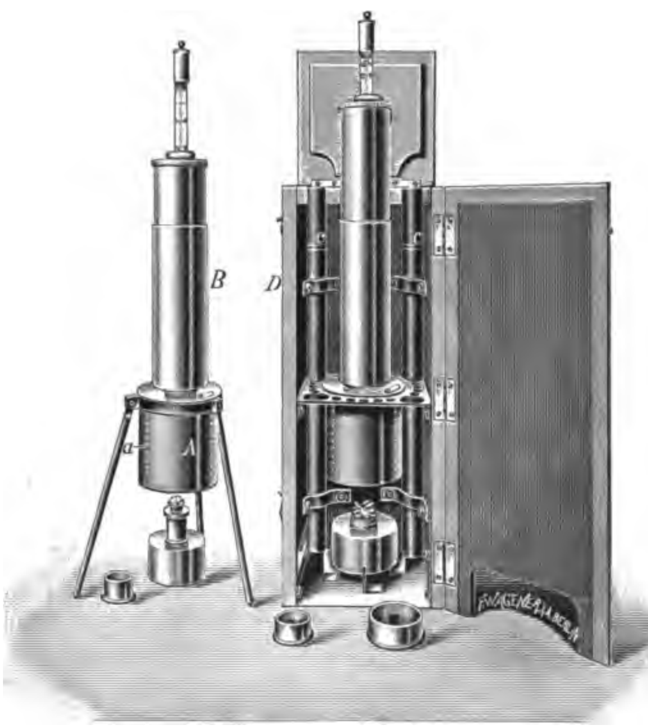


Fig. 4.

Da ferner offenbar wegen der geringen Dimensionen der Behälter die (noch dazu schwierig auszuführende) Anordnung von kleinen Dampfröhrchen in einem doppelten Kessel nur wenig Vortheil brachte, so erhielt der schliesslich konstruirte Kessel eine einfache Form (wie Fig. 3) derart, dass sich an Stelle des inneren Kessels nur ein zylindrisches Rohr befindet. Die in den Zwischenraum gehende kleine Oeffnung wurde aber aus den früheren Gründen beibehalten, sodass das Wasser im inneren Kessel sich jetzt mit dem im Zwischenraume befindlichen ausgleichen kann und auch nicht erst durch den im äusseren Kessel entwickelten Dampf angeheizt zu werden braucht. Der ganze Apparat in seiner endgültigen Form (vgl. Fig. 4) ist nun wie folgt zusammengesetzt. Der eben erwähnte Siedekessel, welcher einen Durchmesser von 6 *cm* und eine Höhe von 7 *cm* hat, fasst etwa 140 *ccm* Wasser. Da bei diesem Kessel sowohl die kleine Oeffnung durch einen Schieber verschlossen, als auch der Hals durch eine Verschlusskapsel verschraubt werden kann, so dient derselbe zugleich als Wassertransportgefäss. Auf diese Weise wird auch die von Galle[1]) (bei dem früher für

[1]) Vgl. *S. 193. Anm. 1.*

Wasser und Spiritus gebräuchlichen Doppelgefäss) befürchtete Verunreinigung des Wassers vermieden. Das wie bei dem Habel'schen Apparat in sich verschiebbare Dampfrohr hat eine innere lichte Weite von 27 *mm*, eine äussere von 40 *mm*, sodass also weder das Thermometer die Wandung berühren, noch in Folge von Reibung des Dampfes ein Ueberdruck entstehen kann. Zu letzterem Zwecke ist auch am unteren Ende des äusseren Dampfrohres nicht nur eine seitliche Oeffnung, sondern, abgesehen von den kleinen Versteifungen, der ganze Zwischenraum am unteren Ende der Rohre offen gelassen. Etwaige Ueberhitzung des Thermometergefässes durch Spritzwasser ist durch ein am unteren Ende des inneren Dampfrohres eingelöthetes kleines Drahtnetz ausgeschlossen. Die kleine Spirituslampe ist verschliessbar, also ebenfalls gleich als Transportgefäss zu benutzen. Der ganze Apparat (aus getriebenem Messing, hochglanz vernickelt) nebst 2 in gefütterten Messingfutteralen befindlichen Siedethermometern und einem besonderen (zum Anheizen des Kessels auf dem Lagerfeuer beigegebenen) Dreifuss wird in einem rechteckigen, 31,5 *cm* hohen und 11,5 *cm* breiten, mit Eisenblech ausgeschlagenen Schutzkasten verpackt. Das Gesammtgewicht dieses Apparats ist wegen seiner im Ganzen grösseren Dimensionen zwar etwas grösser als das der ersten beiden Apparate, es beträgt aber doch nur etwa 2100 *g*. Dafür gewährt dieser Apparat auch den Vortheil einer beinahe absoluten Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit in allen Fällen. Die Resultate seiner Untersuchung sind im Folgenden zusammengefasst, und zwar muss hierbei hervorgehoben werden, dass zur Erprobung der Gebrauchsfähigkeit dieses Apparats nicht mit kleinen Spirituslampen, sondern mit grossen Bunsenbrennern operirt wurde.

Bei mässiger Flammenhöhe (7 bis 10 *cm*) eines Bunsenbrenners trat bei diesem Apparat keine Ueberhitzung des Dampfes ein. Wurde der Kessel jedoch von unten und *ausserdem von der Seite* mit *grossen* Bunsenbrennern (bis zu 25 *cm* Flammenhöhe) angeheizt, so trat allerdings in 1 bis 2 Minuten eine Ueberhitzung des Dampfes ein (jedoch nur bis gegen 4 *mm* der Spannungskurve, etwa $= 0{,}15^{\circ}$ C.), was ja auch bei einem durch eine sehr grosse Flamme angeheizten kompendiösen Apparat eigentlich nicht anders zu erwarten ist. Diese Ueberhitzung des Dampfes trat nur durch Leitung und Strahlung ein, nicht durch etwa entstandenen Ueberdruck, denn sowohl bei kleiner als auch bei grosser Flamme zeigte ein aufgesetztes Wassermanometer höchstens bis zu 0,5 *mm* Ueberdruck. Um nun den oberen Theil des Kessels vor der direkten Ueberhitzung durch die Flammen zu schützen, wurde der Kessel bis 1 *cm* vom oberen Rande in einen Asbestring gesteckt und wieder angeheizt. Hierbei ergab sich, dass jetzt *sowohl bei mässiger als auch bei möglichst grosser Flamme stets im Apparat innerhalb 0,1 bis 0,2 mm richtige Temperatur herrschte.* Die geringen Abweichungen von den Angaben des Normalbarometers liegen zum grössten Theile noch innerhalb der Beobachtungsfehler, besonders wenn man berücksichtigt, dass das Thermometer auch diesmal wieder einen Anstieg gezeigt hat. Ferner war es bei diesem Versuche gleichgültig, ob die im äusseren Kessel zum Ausströmen des dort entwickelten Dampfes angebrachte kleine Oeffnung offen oder durch den Schieber geschlossen war. Trotz des in diesem Falle günstigen Ergebnisses wird jedoch auf das Anbringen der Oeffnung nicht verzichtet werden können, da sonst beim Füllen des Kessels in den Zwischenraum nur sehr wenig Wasser eindringen und die dort befindliche Luft dann wieder zu Ueberhitzungen Veranlassung geben könnte.

Der zum Schutz gegen die Ueberhitzung anzubringende Asbestschirm, welcher unbedingt zur vollkommenen Zuverlässigkeit des Apparats bei Anheizung desselben am Lagerfeuer nothwendig, aber in Fig. 4 nur weggelassen worden ist, weil er die

Uebersichtlichkeit gestört hätte, wird wohl am besten die in Fig. 3 bei *a* angedeutete Form erhalten. Mit dem Vortheil, die Flammenhöhe bei diesem Apparat beliebig gross wählen zu dürfen, ist dann auch die Möglichkeit gegeben, denselben selbst bei sehr stürmischem Wetter mit Erfolg benutzen zu können.

Im Anschluss an die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche und Verbesserungen an Siedeapparaten sollen hier noch einige Bemerkungen über die zugehörigen Thermometer folgen.

Wenn schon vor einigen Jahren in Folge des Aufschwungs der Jenaer Glastechnik durch die Verwendung des Normalthermometerglases 16^{III} für die Herstellung der Siedethermometer vielfach[1]) rühmend hervorgehoben worden ist, dass diese Instrumente nun selbst für längere Reisen als vollständiger Ersatz der Quecksilberbarometer dienen können, so ist dies jetzt noch weit mehr der Fall, seitdem diese Thermometer aus dem ebenfalls in Jena in regelmässigem Betriebe hergestellten, sehr schwer schmelzbaren Borosilikatglase 59^{III} angefertigt werden.

Dies Glas ist bekanntlich noch bedeutend härter als das Normalthermometerglas 16^{III}, und seine Nachwirkung ist auch viel geringer. Da besonders die Depression[2]) der Eispunkte bei Thermometern aus Glas 59^{III} bei den für Siedethermometer in Betracht kommenden Temperaturen belanglos ist und ausserdem Thermometer aus diesem Glase an sich sehr dauerhaft sind, weil sie ziemlich grosse Erschütterungen und schroffen Temperaturwechsel nahezu gefahrlos überstehen, so sind sie für Hypsometermessungen vorzüglich geeignet. Um ihre Angaben jedoch nahezu unveränderlich zu machen, würde vor ihrer Prüfung das künstliche Alterungsverfahren anzuwenden sein, auf welches nicht genug bei allen für genaue wissenschaftliche Untersuchungen bestimmten Thermometern hingewiesen werden kann. Selbst bei Aneroïden sollen ja die Nachwirkungserscheinungen und Veränderungen des Temperaturkoëffizienten nach Prof. Koppe's Vorschlag[3]) durch andauerndes Erhitzen der Instrumente auf 100° bedeutend schneller zum Verschwinden gebracht werden.

Da also die Angaben gut gekühlter Siedethermometer aus Glas 59^{III}, wie gesagt, nahezu unveränderlich sind, so wird das Anbringen eines Eispunkts bei diesen Thermometern überflüssig, wodurch ihre Länge um einige Zentimeter gekürzt werden kann. Ein weiterer Fortschritt, den die Siedethermometer in den letzten Jahren er-

---

[1]) Abgesehen von anderen, älteren diesbezüglichen Veröffentlichungen sind zu erwähnen die ausführlichen Untersuchungen des Oberstlieutenants Heinrich Hartl, Vergleiche von Quecksilber-Barometern mit Siedethermometern. *Mitth. des K. K. milit.-geogr. Inst.* ***12.*** *1892.*

Ferner: W. Marek, *diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 283. 1890* und Prof. Dr. W. Jordan, *ebenda S. 341.*

Ausserdem: Prof. Dr. J. Frischauf, Das Höhenmessen mit dem Siedethermometer. *Oesterr. Alpen-Zeitg. 1894. Nr. 394* und Prof. Dr. Bosshard's Abhdlg. im ***18.*** *Jahrb. d. Schweizer Alpenklubs*, worin derselbe hervorhebt, dass er mit einem von der Phys.-Techn. Reichsanstalt geprüften Siedethermometer bedeutend bessere Resultate als mit einem Aneroïd erzielt habe. Gleichzeitig beschreibt derselbe *a. a. O.* seinen kleinen Siedeapparat, der in kompendiöser Form Spirituslampe und Kochkesselchen enthält.

[2]) Vgl. Fr. Grützmacher, Reduktion der Angaben von Quecksilberthermometern aus Jenaer Glas 59^{III} und 122^{III}, sowie aus Resistenzglas auf das Luftthermometer. *Diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 261. 1895.*

[3]) Vgl. H. F. Wiebe, Untersuchungen über die Temperaturkorrektion der Aneroïde Vidi-Naudet'scher Konstruktion. *Diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 429. 1890.* Auch bei Aneroïden sind in den letzten Jahren Fortschritte zu verzeichnen, sowohl was Material und Konstruktion, als auch was die systematische, dem Gebrauch bei Höhenmessungen möglichst angepasste Prüfung bei der Reichsanstalt anbetrifft. Ueber letztere vgl. Paul Hebe, Apparat zur Prüfung von Aneroïden. *Zeitschr. f. Vermess.* ***26.*** *S. 365. 1897.*

fahren haben, besteht darin, dass R. Fuess dieselben (wie es der Glastechniker Gustav Eger in Graz nach Prof. Frischauf's Bemerkungen[1]) seinerzeit in ähnlicher Weise auszuführen beabsichtigte), mit einer Skalentheilung von 2 zu 2 *mm* der Spannungskurve des Wasserdampfes[2]) versieht, sodass man direkt Barometerstände ablesen und daraus mit Leichtigkeit die Höhen[3]) ermitteln kann. Um bei der Ablesung jeden Irrthum auszuschliessen und die Genauigkeit zu verdoppeln, würde es von Vortheil sein, die Skalentheilung von *mm* zu *mm* auszuführen und zu diesem Zweck anstatt *eines* Instruments *zwei* mit je halbem bisherigen Skalenumfang anzufertigen.

Das häufig bei Siedebestimmungen eintretende Abdestilliren des Quecksilbers am oberen Fadenende lässt sich in vielen Fällen dadurch vermeiden, dass man etwa 1,5 *cm* des Quecksilberfadens aus dem Apparate herausragen lässt und dafür die Fadenkorrektion anbringt. Der diesbezügliche aus verschiedenen Versuchen abgeleitete Betrag ist für die von der Phys.-Techn. Reichsanstalt, Abth. II, geprüften Instrumente auf der Rückseite der beigegebenen Scheine verzeichnet.

Schliesslich mag hier noch erwähnt werden, dass Dr. Galle[4]) und Clemens Denhardt mehrfach den Wunsch geäussert haben, es möchte eine Zentrale, z. B. die Gesellschaft für Erdkunde, mit genügenden Mitteln ausgerüstet werden, damit sie jederzeit aus einem ständigen Vorrath von wohluntersuchten und bewährten Instrumenten den einzelnen Forschern das Nöthige zum Selbstkostenpreise ablassen könne. Denn auch nach den Erfahrungen des Verf. kommt es leider immer noch vor, dass jüngere Forscher sozusagen in letzter Stunde mit neuen Instrumenten zur Reichsanstalt eilen und dieselben (sogar Aneroïde!) in wenigen Tagen geprüft zu haben wünschen, weil dann das Schiff abgehe. Dass die unter solchen Auspizien begonnenen Forschungsreisen nicht immer die gewünschte Genauigkeit der Resultate erreichen lassen, ist wohl nicht anders zu erwarten.

Charlottenburg, im Juni 1897.

Zur Geschichte des Heliotrops.

Von

E. Hammer.

Unter diesem Titel hat kürzlich Herr Geh. Rath Nagel die Notiz von Herrn Vermessungskommissär Steiff aus der *Zeitschr. f. Vermess. 24. S. 26. 1895*, als Ergänzung seiner eigenen Mittheilungen über die Geschichte des Heliotrops im *Civilingenieur* (*1877. S. 270, S. 629; 1878. S. 301*) in der soeben genannten Zeitschrift (*Civilingenieur 1896. S. 745*) wieder abdrucken lassen. Da der *Civilingenieur* inzwischen aufgehört hat zu erscheinen und in *dieser Zeitschr. 17. S. 1. 1897* vor kurzem die gründliche Untersuchung von Herrn Dr. Repsold über den Antheil seines Grossvaters an der Er-

---

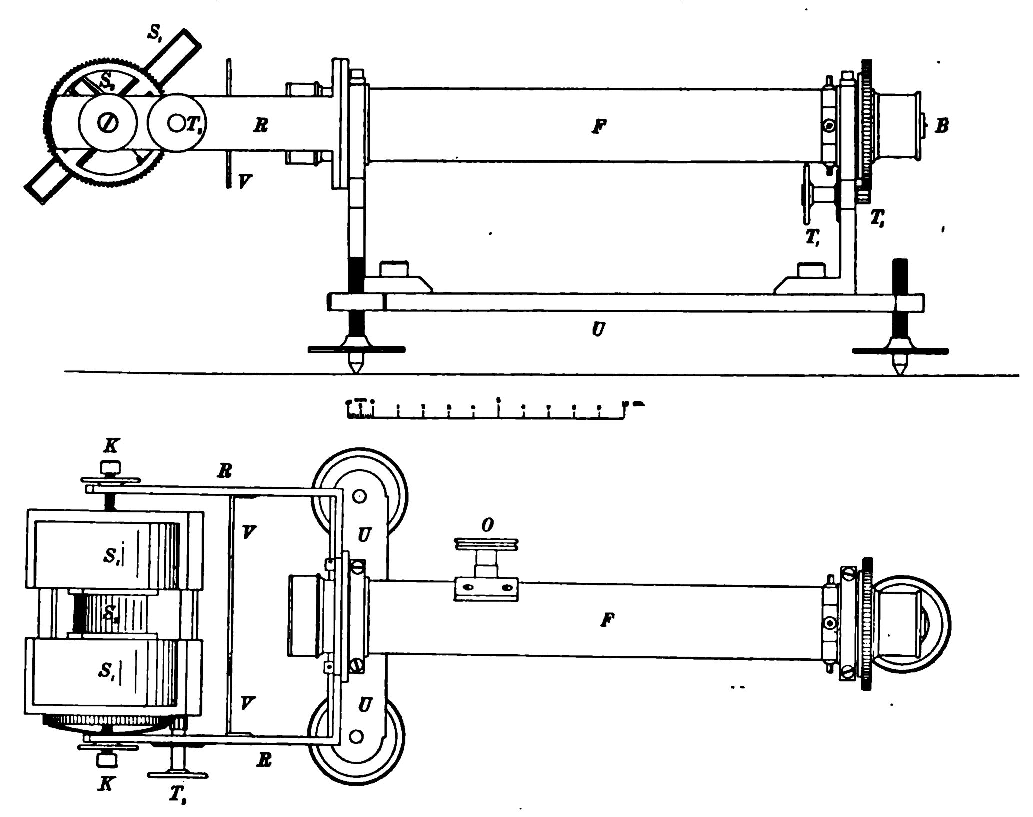
[1]) Vgl. *S. 200. Anm. 1.*

[2]) Vgl. H. F. Wiebe, Ueber die Spannkräfte des Wasserdampfes in Temperaturen zwischen 82 und 100 Grad (*diese Zeitschr. 13. S. 329. 1893*), und die darauf begründeten Tafeln über die Spannkraft des Wasserdampfes zwischen 76 und 101,5 Grad (Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1894).

[3]) Joh. Frischauf, Tafeln für das Höhenmessen mit dem Siedethermometer. *Oesterr. Alpen-Zeitg. 1894. Nr. 403.*

[4]) Vgl. *S. 193. Anm. 2.*

findung des Heliotrops erschienen ist, so ist es vielleicht hier gestattet, noch Näheres über die von Bohnenberger und Buzengeiger (Mechaniker in Tübingen) nach den Andeutungen von Gauss u. A., aber ohne nähere Kenntniss der Einrichtung der Gauss'schen Instrumente, 1824 hergestellten beiden Heliotrope zu sagen, die Herr Steiff erwähnt. Das eine dieser beiden gleichen Instrumente befindet sich in der geodätischen Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart und nach ihm hat Herr Steiff seine kurze Beschreibung 1894 gemacht. Wenn ich gewusst hätte, dass sie zur Veröffentlichung bestimmt war, so hätte ich schon damals gerathen, eine Abbildung des Instruments beizugeben, die ich nun (nach einer in der Grösse des Originals angefertigten und hier auf $1/3$ verkleinerten Zeichnung meines Assistenten Heer) nachliefere; nachdem in dem oben genannten Aufsatz von Herrn



Dr. Repsold mehrere Abbildungen und Entwurfskizzen der ältesten Heliotrope veröffentlicht worden sind, findet vielleicht auch diese Abbildung, die die Vergleichung mit den Gauss'schen Instrumenten ermöglicht, einiges Interesse. Eine Beschreibung ist eigentlich kaum nöthig, doch seien wenigstens die Hauptheile genannt.

Das Instrument stimmt in allem Wesentlichen, Fernrohr mit vor das Objektiv gesetztem Spiegelkreuz, mit dem Gauss'schen überein. Auf dem mit drei Stellschrauben versehenen Unterbau U (auf der Oberfläche der Schiene steht: Buzengeiger, Tübingen) kann das Fernrohr (mit Sonnenglas B versehen) in Lagerringen gedreht werden; es dient dazu ein (etwas unbequem zu benutzender) Trieb T_1. Vorn trägt das Fernrohr einen leichten, wegen des *Objektiv*-Auszugs (Trieb O) etwas weit vor das Objektiv vorragenden Rahmen R, in dem sich um die Kippachse KK und mit Benutzung des Triebwerks T_2 das Spiegelkreuz auf- und abkippen lässt. Dieses besteht aus zwei Planspiegeln, dem grossen in zwei Theile zerlegten Spiegel S_1

und dem kleinen, dazwischen sitzenden S_2, der auf S_1 genau senkrecht steht; der erste kehrt seine Spiegelfläche vom Objektiv weg, der zweite S_2 reflektirt das Sonnenlicht in die Achse des Fernrohrs. Der Steg V dient nur zur Verstärkung des Rahmens R und hat in der Mitte, wie in der Figur angedeutet ist, eine dem Objektiv entsprechende Oeffnung. Beim Gebrauch ist zunächst das Spiegelkreuz so zu richten, dass die Fläche von S_2 die Fernrohrziellinie enthält, sodass man ungehindert den Punkt, der Licht bekommen soll, mit dem Fernrohr aufsuchen und einstellen kann; sodann sind T_1 und T_2 so zu benutzen, d. h. es ist dem Spiegelkreuz eine solche Stellung vor dem Objektiv zu geben, dass S_2 das Sonnenlicht zentrisch in die Fernrohrachse reflektirt. In diesem Augenblick erhält der zuerst mit dem Fernrohr angezielte Punkt das von S_1 reflektirte Sonnenlicht.

Die Einfachheit und bequeme Bedienung der neuern Heliotrope lässt es uns heute leicht verständlich erscheinen, dass der so äusserst glückliche Gauss'sche Gedanke nicht lange in der Form solcher, umständlich zu rektifizirender und theurer Fernrohrinstrumente benutzt wurde. Sehr nahe lag der Weg, den sofort, nachdem Gauss seine Idee ausgesprochen hatte, Schumacher (noch im J. 1821) angab (vgl. Repsold *a. a. O. S. 4* und Fig. 2), und es brauchte nur noch das theure Fernrohr durch ein einfaches, hier genügendes Diopter ersetzt zu werden, um das sogenannte Bertram'sche Heliotrop entstehen zu lassen.

Wenig Beachtung hat, soviel ich sehe und wie zum Schluss noch bemerkt sein mag, bei uns die Einrichtung gefunden, die Perrier, mehrere Jahrzehnte nach Bertram, in Frankreich und Algerien benutzt hat und die eine Zielvorrichtung am Heliotrop selbst ganz entbehrlich macht. Und doch sind Vorrichtungen dieser Art u. U. das Allereinfachste, besonders bei grossen Entfernungen und etwas dunstigem Sommerwetter, wo dem das Heliotrop Bedienenden die Aufsuchung des Zielpunktes, besonders mit den engen Diopterröhren der ältern Bertram'schen Modelle, nicht leicht fällt oder unmöglich ist. Wenn man dagegen in einigen Meter Entfernung (5 *m* oder 10 *m*) von dem Leuchtpunkt einen Zielpunkt genau in der Richtung nach dem fernen Punkt, der Licht erhalten soll, anbringen kann, so gewinnt die Bedienung des Heliotrops sehr an Sicherheit. Es braucht dieser Zielfleck nicht stets das von Perrier benutzte runde Loch in einem Brett auf einem Gerüst zu sein (an Durchmesser ein klein wenig geringer, als dem Strahlenkegel auf die Entfernung des Brettes entspricht), da dies ziemlich theuer ist; man kann vielmehr auch mehrfach auf andre billigere Weise das Diopter entbehrlich machen, z. B. mit Hülfe kleiner weisser Scheibchen aus starker Pappe, die den Lichtkegel nicht stören und die man auf einen genügend verstrebten Pfahl aufstecken kann. Oder aber, man behält die Zielvorrichtung bei und giebt in der Richtung nach dem fernen Zielpunkt (mit kleinem Theodolit auf 1' im Horizontal- und im Höhenwinkel) einen nahen Zielpunkt (Nagelkopf u. dgl.) an, der ebenfalls den Lichtkegel nicht stört. Auf beide Arten habe ich gute Resultate erhalten, während bei direkter Benutzung der Diopterzielung nach dem fernen Punkt durch die oft wenig geübten Heliotropisten bei etwas dunstigem Wetter das Licht oft ganz oder auf längere Zeit ausblieb.

Eine selbstschreibende Atwood'sche Fallmaschine.

Von
Privatdozent Dr. **K. Schreber** in Greifswald.

Eines der ersten Gesetze, welches in der Physik abzuleiten und zu demonstriren ist, ist das Gesetz des freien Falles. Der direkte Nachweis desselben ist schwierig, weil die Erdbeschleunigung zu gross ist. Man hat deshalb besondere Apparate, die sogenannten Fallmaschinen gebaut, welche, der Zahl der unabhängigen Variabeln entsprechend, in zwei Gruppen getheilt werden können. Die zur ersten Gruppe gehörigen Apparate haben das Gemeinsame, dass die Erdbeschleunigung direkt zur Wirkung gelangt, dafür aber die Zeiteinheit sehr klein genommen wird. Derartige Fallmaschinen sind die mit sehr feinen elektromagnetisch auslösbaren Chronoskopen versehenen Apparate, die Mönnich'sche Fallmaschine, die fallende schwingende Stimmgabel u. s. w.[1]). Von diesen verdient wohl die meiste Beachtung die Maschine von Mönnich, denn die schwingenden Stimmgabeln setzen die meist noch nicht vorgetragenen Gesetze der Wellenlehre voraus und die Chronoskope müssen, wenn bei der kurzen Fallzeit die Beobachtung hinreichend genau sein soll, in Bezug auf Auslösung und Arretirung sehr präzis gearbeitet sein, sodass sie sehr theuer werden. Gemeinsam aber haben alle drei Arten dieser Gruppe den Nachtheil, dass sie nur das erste Fallgesetz $s = (g/2)\, t^2$ zu demonstriren gestatten.

Die zur zweiten Gruppe gehörenden Fallmaschinen machen die in der Zeiteinheit durchfallene Strecke dadurch messbar, dass sie die Erdbeschleunigung in messbarer Weise verkleinern, während sie als Zeiteinheit die Sekunde beibehalten. Sie erzielen dadurch bei Demonstrationen den Vortheil, dass das Auditorium den Fall leichter verfolgen kann. Ausserdem aber ermöglichen sie noch den Nachweis des zweiten Gesetzes $v = gt$. Die beiden hier benutzten Prinzipien sind ausgeführt in der Fallrinne von Galilei und der Fallmaschine von Atwood. Beiden gemeinsam ist die bequeme willkürliche Aenderung der Erdbeschleunigung; im Vortheil ist aber die Atwood'sche Fallmaschine, weil sie das zweite Gesetz ohne Unstetigkeit in der Richtung und damit ohne Stoss nachzuweisen gestattet und weil sie ausserdem den in dasselbe Kapitel der Physik gehörenden Nachweis der Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung giebt.

Einen Nachtheil aber hat die Atwood'sche Fallmaschine, allerdings gemeinsam mit den meisten anderen Fallapparaten — ausgenommen sind nur die Mönnich'sche Fallmaschine und die fallenden Stimmgabeln, nämlich das Experimentiren ist recht umständlich, weil die zu jeder gewählten Zeit gehörige Fallstrecke durch einen eigenen Fallversuch ermittelt werden muss, und zur Darstellung der Gesetze eine grosse Anzahl von Fallstrecken gehört.

Ich habe versucht, diesem Uebelstande abzuhelfen und dazu das von Mönnich benutzte Prinzip des Aufschreibens auf die Atwood'sche Fallmaschine übertragen. Diese *selbstschreibende* Atwood'sche Fallmaschine hat folgende Form.

Auf dem vom 2 bis $2^1/_2$ *m* hohen Stativ A (Fig. 1) getragenen Kopfbrett K ruht auf Friktionsrädchen (in der Zeichnung weggelassen) das Fadenrad R. Am Stativ A ist die Messlatte L befestigt, welche auf der dem Auditorium zugekehrten Seite eine Theilung in Zentimeter, auf der entgegengesetzten eine solche in Millimeter trägt, und an welcher der Abhebetisch T verschoben werden kann. Die Platte dieses Tisches

[1]) Winkelmann, *Handbuch der Physik 1. S. 112. 1891.*

(Fig. 2) besteht aus einem nahezu vollständigen Kreisring aus Hartgummi. Dicht vor der Latte *L*, von derselben nur soweit entfernt, dass der Tisch *T* verschoben werden kann, ist zwischen Kopfbrett *K* und Grundbrett *G* der Draht *D* ausgespannt. Ungefähr 3 *cm* vom Draht *D* ist zwischen Kopf- und Grundbrett ein Messingrohr *C* drehbar aufgestellt. Zwischen Draht *D* und Rohr *C* fällt der mit Uebergewicht beschwerte Fallkörper *F*. Derselbe besteht aus einem dünnen scharfrandigen Messingteller, dessen Durchmesser 0,1 bis 0,2 *cm* kleiner ist als die Entfernung vom Draht zum Rohr. Die zur Veränderung der bewegten Masse dienenden Messingscheiben haben einen noch kleineren Durchmesser. Die Uebergewichte sind Hartgummistäbe von 4 bis 5 *cm* Länge.

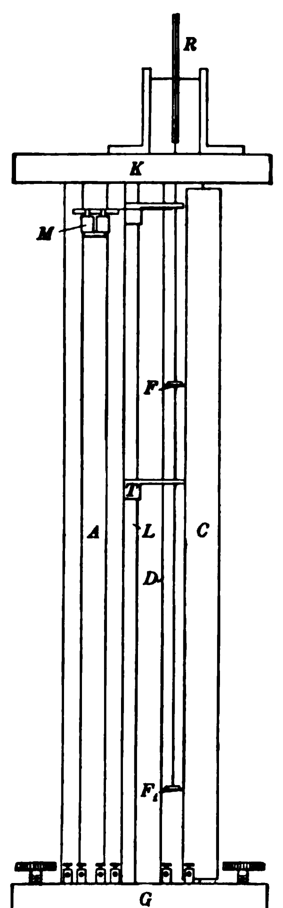


Fig. 1.

Am Anfang der Theilung der Latte *L* befindet sich die Auslösevorrichtung (Fig. 3). Dieselbe besteht aus einer leicht beweglichen Klappe, welche von einer Stütze *S* in horizontaler Stellung gehalten wird. Diese Stütze ist in der aus der Zeichnung erkennbaren Weise am Stativ *A* mittels eines federnden Stahlstreifens befestigt. Nahe an ihrem Drehpunkt trägt diese Feder ein Stück weiches Eisen, welches beim Beginn eines jeden Versuches vom Elektromagneten *M* angezogen wird. Dadurch verliert die Klappe ihre Stütze und fällt herunter.

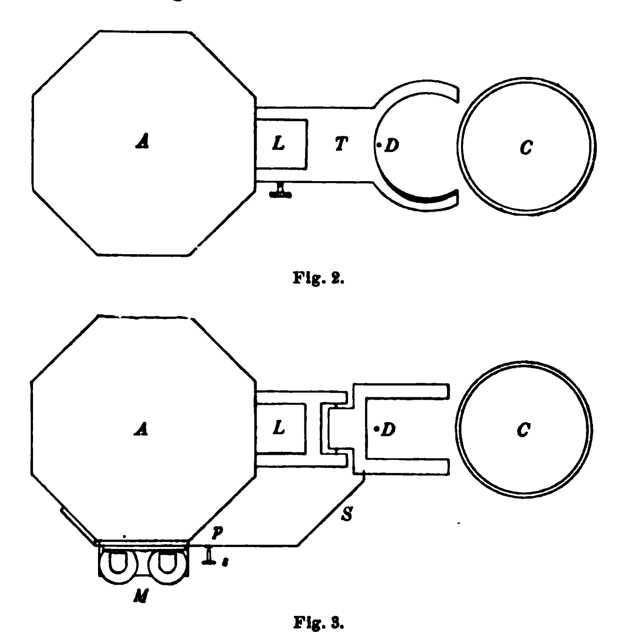


Fig. 2.

Fig. 3.

Auf das Rohr *C* wird ein Längsstreifen von Jodkalium-Stärkekleisterpapier geklebt und Rohr *C* und Draht *D* mit dem sekundären Stromkreis eines Induktionsapparates verbunden. Wird dieser am Anfang jeder Sekunde erregt, so wird zwischen Draht und Rohr ein Funke genau in der Höhe überspringen, in welcher der Teller des Fallkörpers sich befindet, und man erhält somit durch einen einzigen Versuch das erste Fallgesetz aufgezeichnet.

Um am Anfang jeder Sekunde einen Induktionsstoss zu bewirken, benutzte ich eine Sekundenuhr mit Quecksilberkontakt. Es lässt sich aber auch zu demselben Zwecke sehr leicht ein Metronom abändern, indem man die Achse, auf welcher das

Pendel sitzt, durch den Kasten hindurch verlängert, durch diese Verlängerung senkrecht zu derselben einen horizontalen Draht steckt, dessen nach unten umgebogene Ecken in Quecksilbernäpfe tauchen[1]). Ist das Metronom auf halbe Sekunden eingestellt, so erhält man, wenn beide Drahtenden in Quecksilber tauchen alle halben Sekunden, wenn nur eines eintaucht, alle vollen Sekunden einen Stromschluss.

Die bei diesen Apparaten vorkommenden Quecksilberkontakte schliessen und öffnen den Strom nicht schnell genug, um Induktionsstösse von hinreichender Spannung zu erzeugen.

Ich habe deshalb an der die Auslösungsklappe stützenden Feder *S* einen Platinkontakt *p* angebracht, welcher bei jeder Erregung des Magneten *M* gegen eine Platinspitze *s* schlägt. Der durch den Uhrkontakt gehende Strom wird durch den Elektromagneten geführt; durch den Kontakt *p s* wird dann ein zweiter Stromkreis geschlossen, welcher durch die primäre Spule eines Induktionsapparates mit leichterregbarem Wagner'schen Hammer geht. Macht derselbe recht schnelle Schwingungen, so wird er in der Zeit, während welcher der Kontakt *p s* geschlossen ist, mehrere Induktionsstösse veranlassen, und man wird am Anfang jeder Sekunde nicht nur einen einzelnen, sondern mehrere — bei meinen Versuchen 8 bis 10 — dicht nebeneinanderliegende Flecken erhalten. Dieser Umstand bringt noch gleichzeitig den Vortheil mit sich, dass man den Punkt, an welchem sich der Fallkörper zu Beginn jeder Sekunde befand, auf grössere Entfernungen hin erkennt, als wenn man nur einen Flecken hat.

Auf dem Grundbrette *G* befinden sich für diese verschiedenen Stromkreise drei Paare von Klemmschrauben. Mittels des ersten Paares wird der Elektromagnet *M* in den Stromkreis eingeschaltet, in welchem sich der Uhrkontakt befindet; gleichzeitig ist in diesem Stromkreis ein Stromschlüssel, um den Apparat willkürlich in und ausser Thätigkeit setzen zu können. Durch das zweite Paar wird der primäre Strom des Induktoriums zum Platinkontakt *p s* geführt. Das dritte Paar verbindet Rohr *C* und Draht *D* mit den Polen des sekundären Stromes des Induktoriums[2]).

Als vortheilhafteste Methode, auf grössere Entfernungen hin sichtbare Flecken zu erzielen, habe ich gefunden, dass man den Stärkekleister nicht zu dick, dagegen aber das Jodkalium recht konzentrirt nehmen muss. Das Papier, auf welches der Kleister aufgetragen wird, muss ungeleimt sein und vor dem Aufkleben gut durchfeuchtet werden.

Um mit diesem Apparat das erste Fallgesetz nachzuweisen, genügt wie bei der Mönnich'schen Fallmaschine und den fallenden Stimmgabeln ein einziger Versuch. Man stelle den Teller des zwischen Draht und Rohr befindlichen Fallkörpers auf die durch die Stütze getragene Klappe der Auslösevorrichtung, lege das gewählte Uebergewicht auf, drehe das Rohr so, dass dem Fallkörper gegenüber sich Papier befindet, stelle den Abhebetisch an das untere Ende der Messlatte, gebe eventuell dem Wagner'schen Hammer einen kleinen Stoss, falls derselbe nicht von selbst in Schwingungen geräth, und schliesse den Stromschlüssel. Sobald der Uhrkontakt den ersten Stromkreis schliesst, wird der Elektromagnet erregt und die Stütze unter der Klappe hervorgezogen werden. Diese schlägt herunter und der Fallkörper

---

[1]) E. Beckmann, Beiträge zur Bestimmung von Molekulargrössen IV; Neuerungen an den Apparaten. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **21.** *S. 239. 1896;* vgl. auch *diese Zeitschr.* **17.** *S. 57. 1897.*

[2]) Die Anfertigung dieser selbstschreibenden Atwood'schen Fallmaschine hat Hr. Mechaniker Wittig in Greifswald übernommen.

setzt sich in Bewegung. Gleichzeitig aber wird durch den Kontakt *p s* der zweite Stromkreis geschlossen, der Induktionsapparat erregt, und es springen zwischen Draht *D* und Rohr *C* über den Teller des Fallkörpers hinweg Funken über, welche auf dem Papier Flecken in der Höhe bedingen, in welcher sich gerade der Teller des Fallkörpers befindet. Ist der Fallkörper unten angekommen, so öffnet man den Stromschlüssel.

Ehe man nun zu Ablesungen übergeht, ist es bei Demonstrationen vortheilhaft, den Versuch mit derselben Massenvertheilung zu wiederholen, nachdem man das Rohr um einen kleinen Winkel gedreht hat. Man erhält dann neben der ersten Fleckenreihe eine zweite, welche zeigt, dass der Fallkörper zu entsprechenden Zeiten sich in gleicher Höhe befindet. Die Fallstrecken sind also nicht zufällig, sondern bestimmte Funktionen der Massenvertheilung.

Zum Ablesen der Fallstrecken benutzt man den Abhebetisch als Visir, indem man den dem Rohr zunächst liegenden Theil des Hartgummiringes dem obersten Flecken jeder einzelnen Sekunde gegenüberstellt und an der Messlatte dann die Entfernung vom Anfangspunkt abliest.

Das zweite Fallgesetz beweist man, indem man, wie bei der gewöhnlichen Atwood'schen Fallmaschine, den Abhebetisch so einstellt, dass das Uebergewicht gerade abgehoben wird, wenn der Teller des Fallkörpers sich in der Höhe des ersten Fleckens derjenigen Sekunde befindet, für welche man die Geschwindigkeit bestimmen will. Diese Einstellung erhält man sehr leicht, indem man mit der gewählten Massenvertheilung den Fallkörper, ohne das Uebergewicht abzuheben, herunterfallen lässt. Man stellt dann nach Abheben des Uebergewichts den Teller in der Höhe des ersten Fleckens der gewählten Sekunde ein und giebt dem Abhebetisch eine solche Stellung, dass seine oberste Fläche mit der obersten Messingscheibe des Fallkörpers, auf welche nachher das Uebergewicht wieder gelegt werden soll, in eine Ebene fällt. Stellt man nun den Versuch an, so wird das Uebergewicht gerade an der richtigen Stelle abgehoben.

Ein solcher Versuch zeigt, dass nach dem Abheben die Geschwindigkeit konstant ist, und zwei oder mehrere mit gleicher Massenvertheilung, aber verschiedener Stellung des Abhebetisches vorgenommene Versuche thun dar, dass die Geschwindigkeit der Fallzeit proportional ist.

Diese *selbstschreibende* Atwood'sche Fallmaschine gestattet, wie ich an anderer Stelle[1]) des Näheren ausführen werde, mit wenigen sehr schnell und einfach anzustellenden Fallversuchen nicht nur die beiden Galilei'schen Fallgesetze, die Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung zu demonstriren und die Gesetze der Reibung angenähert zu zeigen, sondern sie giebt auch mit *denselben* Versuchen die Gravitationskonstante mit einer für Vorlesungszwecke vorzüglichen Genauigkeit, nämlich bei 4 Versuchen als Mittel aus im Maximum um 3% von einander abweichenden Zahlen den Werth 981,0 $cm\ sek^{-2}$.

---

[1]) Vgl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht* ***10.*** *S. 175. 1897.* — Die Red.

Beiträge zur photographischen Optik[1]).

Von
Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg.

Bei Bearbeitung der photographischen Optik für die 9. Auflage von Müller-Pouillet's „Lehrbuch der Physik“[2]) sah ich mich in der einschlägigen Literatur vergebens nach einem Führer um, der den Leser nicht mit der Aufzählung der zahlreichen Objektivnamen verwirrt, sondern ihn mittels logisch zwingender Gründe von dem prinzipiellen Fortschritt und dem Werth der verschiedenen Typen überzeugt. Wenn auch die praktische, allein in Frage kommende Leistung eines Systems in letzter Instanz nur auf experimentellem Wege zu entscheiden ist, so vermag diese empirische Methode nichts über die Mittel und Wege auszusagen, vermöge deren die festgestellte Leistung erzielt wurde. Mir schien es daher wünschenswerth, auf einem mehr theoretischen Wege ein Urtheil wenigstens über die prinzipiell mögliche Leistung eines Objektivs aus der Art der Konstruktion und den einzelnen gegebenen Daten (Glassorten, Anzahl der brechenden Flächen etc.) zu gewinnen.

Im Allgemeinen kann man um so mehr erreichen, je mehr Elemente (Radien der brechenden Flächen, Abstand derselben von einander, Glasarten etc.) der Berechnung zur Verfügung stehen. Indem man nun analysirt, welchen Bedingungen man bei einer gegebenen Zahl von Elementen genügen kann bezw. welche Bedingungen man erfüllen muss, damit ein Bild von vorgeschriebenen Eigenschaften zu Stande kommt, gewinnt man auch ein Urtheil über die im Bereich der Möglichkeit liegende Leistung eines vorhandenen Objektivs.

Verwirklichung der punktweisen Abbildung.
(Die fünf Seidel'schen Abbildungsfehler.)

Zum besseren Verständniss der Objektive und deren Abbildungsfehler müssen wir kurz auf die Lehre von der Abbildung selbst eingehen. Was zunächst den Zweck der optischen Systeme anlangt, so sollen sie zwei Räume *kollinear* auf einander abbilden, d. h. alle von einem Punkte ausgehenden Strahlen in wieder einem Punkte vereinigen, so zwar, dass einem körperlichen ausgedehnten Gebilde des Objektraumes ein ähnliches Gebilde des Bildraumes punktweise konjugirt ist. Nur bei der Spiegelung an *ebenen* Flächen werden diese Forderungen der punktweisen Abbildung von Objekt- und Bildraum erfüllt. Da aber diese Spiegelung nur eine Lagenänderung, nicht aber eine Grössenänderung bewirkt und ausserdem nur virtuelle Bilder liefert, so ist sie für die photographische Optik von keiner Bedeutung. In der Photographie braucht man Systeme, welche von den Gegenständen *reelle* Bilder entwerfen und noch dazu auf einem *ebenen* Schirm, der photographischen Platte. Man ist also auf *gekrümmte*, spiegelnde oder brechende Flächen angewiesen. Von diesen lässt sich aber ganz allgemein nachweisen, dass sie nicht einmal ein unendlich *kleines*, *körperliches* Gebilde mittels weiter Büschel punktweise und ähnlich abbilden. Aber auch von *ausgedehnten*, *ebenen* Objekten entwerfen sie ein kollineares Abbild nur, wenn die abbildenden Büschel sehr *eng* sind. Nur in dem für die Praxis wiederum bedeutungslosen Spezialfall, dass die wirksamen Strahlen einen unendlich kleinen Winkel mit der System-

[1]) Vorgetragen in der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 5. März 1897. — Die Figuren sind theils dem eingangs erwähnten Werk entlehnt, theils von verschiedenen Firmen in dankenswerther Weise zur Verfügung gestellt worden.

[2]) Das Schlussheft der Optik, welches die Darstellung der photographischen Optik enthält, wird in diesen Tagen erscheinen.

achse einschliessen, d. h. dass sowohl das *Sehfeld*, als auch die *Oeffnung* des abbildenden Systems klein sind, besteht eine kollineare Abbildung.

Indem Gauss in den Gleichungen, welche ganz streng aus den Elementen des einfallenden Strahles und der brechenden Fläche die Elemente des gebrochenen Strahles ergeben, die trigonometrischen Funktionen der Winkel zwischen den abbildenden Strahlen und der Achse nach aufsteigenden Potenzen der Argumente entwickelte[1]) und die dritten und höheren Potenzen gegenüber den ersten vernachlässigte, erhielt er eine punktweise Abbildung, welche durch die bekannten Gesetze charakterisirt ist. Diese Gauss'sche Abbildung ist also nur in dem die Systemachse eines zentrirten Systems brechender bezw. spiegelnder Kugelflächen umgebenden unendlich *engen* zylindrischen Raume verwirklicht.

Da eine solche Abbildung für die Praxis keine Bedeutung hat, so strebte man früh darnach, die Abbildungsgrenzen zu erweitern, indem man das Prinzip der *Arbeitstheilung* befolgte.

Beschränkt man sich beim *Mikroskopsystem* und in geringerem Grade auch bei starkvergrössernden Fernrohrobjektiven auf die Abbildung sehr kleiner Gesichtsfelder mittels relativ weitgeöffneter Büschel, so strebt man umgekehrt bei den *Lupen*, Okularen etc. darnach, das Sehfeld möglichst gross zu machen, während man auf die Weite der Büschel verzichtet. Auf der *Verbindung* zweier so konstruirter Systeme zu einem Gesammtsystem beruht bekanntlich die grosse Leistungsfähigkeit der zusammengesetzten Apparate (Mikroskop und Fernrohr).

In der Mitte zwischen beiden Spezialsystemen liegt das dritte, das eigentliche *photographische* Objektiv, welches sowohl ein grosses Sehfeld besitzen als auch mittels weit geöffneter Büschel abbilden soll. Freilich verzichtet man hier von vornherein auf eine so gute punktweise Strahlenvereinigung wie beim Mikroskop, Fernrohrobjektiv, Lupe etc. Auch konstruirt man die photographischen Systeme in Anlehnung an die erstgenannten Spezialsysteme, je nachdem mehr die *Oeffnung* der Büschel oder die *Grösse des Sehfeldes* bevorzugt werden soll.

Entsprechend den verschiedenen Systemarten sind die Bedingungen verschieden, denen dieselben zu genügen haben[2]).

Uns beschäftigen hier nur die photographischen Systeme. Um die Bedingungen für diese Systemarten wenigstens in erster Annäherung zu formuliren, greifen wir zurück auf die von L. Seidel behandelte Abbildung. Seine diesbezüglichen Arbeiten datiren aus den Jahren 1855 und 1856. Die Seidel'sche Abbildungslehre, wie wir dieselbe nennen wollen, umfasst alle diejenigen Strahlen, welche mit der Systemachse einen so grossen Winkel bilden, dass in den Potenzreihen der Sinus und Kosinus jener Winkel auch noch die *dritten* Potenzen zu berücksichtigen sind, während die fünften und höheren Potenzen, als das Resultat nicht wesentlich beeinflussend, vernachlässigt werden können. L. Seidel hat seine Theorie so weit ausgebildet, dass man aus der gefundenen Beziehung konjugirter Strahlen vor und nach der Brechung an einem Linsensystem den Einfluss der Oeffnung sowohl wie des Gesichtsfeldes auf die Vollkommenheit des Bildes erkennt.

---

[1]) Bekanntlich gilt

$$\sin\alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{1.2.3} + \frac{\alpha^5}{1.2.3.4.5} \cdots, \qquad \cos\alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{1.2} + \frac{\alpha^4}{1.2.3.4} \cdots$$

[2]) Die Bedingungen, denen ein Mikroskopsystem, die Lupe, das Okular etc. zu genügen hat, findet man ausführlich behandelt in S. Czapski, Theorie der optischen Instrumente nach E. Abbe. Breslau, Verlag von E. Trewendt, 1893; Abdruck aus A. Winkelmann, Handbuch der Physik. Siehe auch Müller-Pouillet, Optik. 9. Auflage.

Indem Seidel die Bestimmungsstücke konjugirter Strahlen geeignet wählt, erhält er Formeln für die „Korrektionsglieder", welche zu den Gauss'schen Bestimmungsstücken dazugefügt werden müssen, sollen ausser den ersten auch noch die dritten Potenzen zur Geltung kommen, d. h. ausser den Achsenstrahlen oder den „parachsialen" auch noch *schiefe* Strahlen zur Abbildung beitragen. In den Formeln für diese Korrektionsglieder kommen nur *fünf* nicht identische Summen vor, welche mit den von den Koordinaten des einfallenden Strahles abhängigen Gliedern multiplizirt sind. Um in der Bildebene die Fehler *dritter* Ordnung für alle Kombinationen der Koordinaten des einfallenden Strahles zum Verschwinden zu bringen, hat man also *fünf* Gleichungen zu genügen. Bezeichnet man diese Summen mit S_1 bis S_5, so wird das Abbild einer Ebene senkrecht zur Achse, vermittelt durch Seidel'sche Strahlen, nur dann ein *scharfes*, *ebenes* und *winkelgetreues* und mit dem Gauss'schen *identisches*, wenn alle Summen S_1 bis S_5 verschwinden.

Gemäss den fünf Summen S_1 bis S_5 unterscheidet man *fünf* Abbildungsfehler. $S_1 = 0$ bedeutet, dass die *sphärische Abweichung* in der Achse aufgehoben ist. Sie ist proportional der *dritten* Potenz der Oeffnung. Ist ausser $S_1 = 0$ auch noch $S_2 = 0$, so ist *reiner Astigmatismus* vorhanden. Jedem Punkt seitlich der Achse entsprechen zwei *Brennlinien*, deren Entfernung längs des Hauptstrahls des Büschels beträchtlich schneller anwächst als der Achsenabstand des Objektpunktes. Der Fehler S_2 ist abhängig vom Quadrat der Oeffnung und der ersten Potenz des Objektabstandes von der Achse. Den verschiedenen Objektpunkten in einer zur Achse senkrechten Ebene kommen also zwei Bildflächen zu, auf denen die beiden Schaaren von Brennlinien gelegen sind und welche sich auf der Achse berühren, da, wo der Achsenpunkt der Objektebene sein Bild nach Gauss hat. Damit beide Flächen zusammenfallen und die Abbildung eine *punktweise* wird, muss noch $S_3 = 0$ sein. Die Bildfläche ist jetzt aber immer noch *gekrümmt*; sie wird *eben*, falls auch $S_4 = 0$ wird, und zwar geht sie dann in die nach der Gauss'schen Theorie gefundene Bildebene über. Beide Fehler S_3 und S_4 sind proportional der ersten Potenz der Oeffnung, aber dem Quadrat des Objektabstandes. Der einzige Fehler *dritter* Ordnung, welchen das Abbild noch enthalten kann, ist eine *Verzerrung* der Aussentheile des Bildes, zu deren Beseitigung noch $S_5 = 0$ gemacht werden muss. Dieser Fehler ist proportional der dritten Potenz des Objektabstandes.

Die Bedingung $S_2 = 0$ ist identisch mit der *Sinusbedingung* für *kleine* Oeffnung des Systems, welche aussagt, dass alle Zonen eines Objektivs gleiche Brennweite besitzen, bezw. der Ausdruck dafür ist, dass alle von einem Flächenelement ausgegangene Strahlung durch das System dem konjugirten Flächenelement zugeführt wird. Da Fraunhofer die Bedingung $S_2 = 0$ bei seinem berühmten Heliometerobjektiv erfüllt hat, so nennt Seidel diese Bedingung die Fraunhofer'sche. Sie ist gleichbedeutend damit, dass, wenn die sphärische Aberration achsenparalleler Strahlen beseitigt ist ($S_1 = 0$), dieselbe auch für *schiefe* Büschel von demselben Querschnitt wie das Achsenbüschel gehoben ist. Ist S_2 *nicht* gleich Null, so erzeugt das schiefe Büschel eine *einseitige* Kaustik, *Koma* genannt.

Würde man die Abbildung bis zur siebenten, neunten etc. Potenz der Winkel untersuchen, so erhielte man andere und andere Bedingungsgleichungen, welche erfüllt sein müssen, damit von einem ebenen Objekt wieder ein ebenes, korrektes und scharfes Abbild entstände[1]).

[1]) Vgl. M. Thiesen, Beiträge zur Dioptrik. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1890. S. 799.* Einen Auszug der Thiesen'schen Lehre, welche die Seidel'sche in sich einschliesst, habe ich in Müller-Pouillet, Optik, *S. 522 bis 525* gegeben.

Verweilen wir bei der Seidel'schen Abbildung und nehmen wir einmal an, es sei ein System frei von den hierbei möglichen fünf Fehlern *dritter* Ordnung. Dann bildet dasselbe zwar eine in gewisser Entfernung vom System befindliche *Ebene fehlerlos* ab, dagegen ist das Bild einer näher oder entfernter gelegenen Ebene *wieder mit Fehlern dritter Ordnung behaftet.* Sollen Objekte in allen Entfernungen bis auf Fehler fünfter Ordnung abgebildet werden, so treten zu den Seidel'schen fünf Gleichungen noch neue hinzu, von denen die eine als Herschel'sche Gleichung bekannt ist[1]). In dieser ist nun die Seidel'sche Bedingung S_2, die Fraunhofer'sche genannt, mit enthalten, so zwar, dass im Allgemeinen die eine nicht erfüllt ist, wenn die andere erfüllt worden ist, und umgekehrt.

Aber auch schon die fehlerfreie Abbildung dritter Ordnung einer einzigen Ebene kann man nur bei Anwendung genügend *getrennter* Flächen erreichen. Setzt man die Abstände der verschiedenen brechenden Flächen von einander gleich Null, so führt bei gleichem Brechungsindex des ersten und letzten Mediums die Erfüllung aller fünf Bedingungen S_1 bis S_5 auf unendlich grosse Brennweiten, d. h. auf einen Spiegel oder eine dickenlose Planparallelplatte. Der *Abstand* der einzelnen brechenden Flächen von einander (Linsendicke) bezw. der verschiedenen System-*Theile* (Trennung in zwei Glieder) ist also ein wesentlicher Faktor zur Erzielung einer Abbildung höherer Ordnung.

Zu den genannten für *einfarbiges* Licht vorhandenen Abbildungsfehlern kommen noch die infolge der *Dispersion* bei weissem Lichte auftretenden. Von diesen am wichtigsten ist die Chromasie der *Schnittweiten* und die Chromasie der *Brennweiten.* Erstere verursacht, dass die verschiedenfarbigen Bilder verschiedene *Orte* auf der Achse einnehmen; sie haftet schon der Gauss'schen Abbildung an. Die Chromasie der Brennweiten bewirkt eine verschiedene *Grösse* der Bilder für die verschiedenen Farben.

Abbildung durch eine kleine Oeffnung. (Lochkamera.)

Um die durch Menschenverstand der Natur abgerungenen Leistungen besser würdigen zu können, wollen wir ganz kurz die einfachste Art der Bilderzeugung besprechen, welche die Natur uns gleichsam von selbst darbietet: *die Abbildung durch eine kleine Oeffnung.*

Die Lochbilder sind im Wesentlichen eine Folge der im Allgemeinen *geradlinigen* Fortpflanzung des Lichtes, welche dadurch ihren Ausdruck gefunden hat, dass man sagt, *das Licht breite sich strahlenförmig aus.* Unter dieser Voraussetzung ist der Abbildungsvorgang der in Fig. 1 geschilderte. In ihr bedeutet P eine undurchsichtige Wand mit der abbildenden Oeffnung ab, Ll das Objekt und TT den auffangenden Schirm. Es gelangt von den einzelnen Objektpunkten Licht nur durch die Oeffnung auf den Schirm. Von jedem Objektpunkt entsteht somit ein heller Fleck, der auf der Ver-

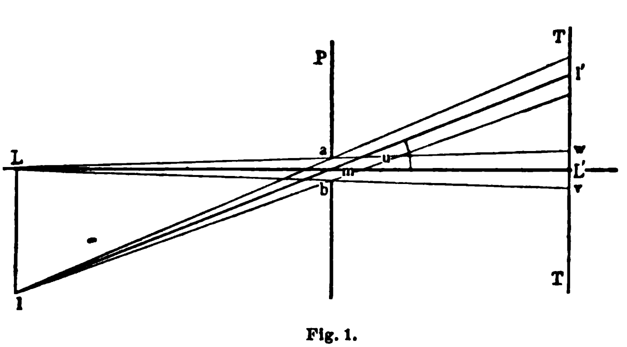


Fig. 1.

[1]) L. Seidel, *Astronom. Nachr. Nr. 1029. S. 326. 1856.*

bindungslinie von Objektpunkt und Mitte der Oeffnung gelegen ist und eine der letzteren ähnliche Gestalt hat. Je weiter das Objekt von der Oeffnung abrückt, um so kleiner wird der jedem Objektpunkte konjugirte Bildfleck, bis bei unendlich entferntem Objekt der Bildfleck genau gleich der Oeffnung geworden ist. Es entsteht also eine gewisse „punktweise" Abbildung, bei welcher jedem Objektpunkt ein kleiner Bildfleck von mindestens gleicher Ausdehnung wie die abbildende Oeffnung zukommt. Insofern hat das Bild der Lochkamera Aehnlichkeit mit dem *unscharf eingestellten* Bilde einer Sammellinse.

Je grösser der Schirmabstand ist, um so weniger überlagern sich die den verschiedenen Objektpunkten konjugirten Bildflecke, um so mehr Einzelheiten zeigt das Lochbild, da ja wenigstens bei grossem Objektabstande der Durchmesser des Bildfleckes sich nur mässig mit dem Schirmabstande ändert. Dies ist auch der Grund dafür, dass die Lochkamera verschieden weit entfernte Objekte gleich deutlich abbildet, d. h. eine grosse „Tiefe" besitzt. Dabei hängt die Deutlichkeit des Bildes nicht ab von der Ebenheit des Schirmes; wie auch der Schirm gekrümmt sei, stets erhält man ein gleich scharfes Bild. Wohl aber ändert sich mit der Gestalt der Schirmfläche die *Aehnlichkeit* des Bildes. Nur wenn der Schirm *eben* ist und seine Fläche *parallel* zur Objektebene steht, erhält man ein dem Objekte vollkommen *ähnliches* Abbild, welches also bis zum *äussersten Rande des Sehfeldes frei von Verzeichnung ist*. Gerade in Folge dieser vorzüglichen Eigenschaft übte man die „Photographie ohne Objektiv" mittels der Lochkamera noch bis in die neueste Zeit aus, wenn es galt, architektonische Bauten, Kirchen mit hohen Thürmen etc. in jeder Beziehung *winkelgetreu* d. h. ein Gesichtsfeld von grosser Ausdehnung *frei von Verzeichnung* aufzunehmen.

Ausser der winkelgetreuen oder *orthoskopischen* Zeichnung und der ausserordentlichen Tiefe besitzt die Lochkamera auch noch ein ganz bedeutendes Sehfeld. Wenn sie gleichwohl den neueren Weitwinkelsystemen das Feld räumen musste, so liegt dies an der geringen Lichtstärke und der grossen Unschärfe der Lochbilder.

Wäre die Anschauung von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes richtig, so müsste die Schärfe des Lochbildes mit der Verkleinerung des Loches stetig zunehmen, wenn auch auf Kosten der Lichtstärke. In Folge der bei relativ enger Oeffnung eintretenden *Beugung* des Lichtes ist aber der Kleinheit der abbildenden Oeffnung eine Grenze gezogen. Von einer gewissen Grösse an nimmt bei Verkleinerung der Oeffnung die Schärfe des Bildes sogar ab, bis schliesslich, wenn die Oeffnung von der Grössenordnung der Wellenlänge geworden ist, die Bildschärfe ganz verloren geht.

Es ist eben die Annahme von der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes eine Abstraktion, die nur bei *ungestörter* Ausbreitung des Lichtes in einem und demselben Medium zutrifft. Ebenso wie bei der Abbildung durch Linsensysteme ist auch bei der Lochkamera eine vollständige Lösung des Problems nur auf Grund der *Beugungstheorie* mit Hülfe der höheren Analysis möglich. Dahin gehört bei der Lochkamera speziell die *numerische* Beziehung zwischen der Grösse der abbildenden Oeffnung, dem Abstand des Objektpunktes von ihr und dem Durchmesser des konjugirten Bildflecks. Der bisher üblichen elementaren Berechnungsweise kommt eine nur geringe praktische Bedeutung zu, wenn sie auch im Stande ist, wenigstens von dem *Verlauf* der Erscheinung bei Grössenänderung der Oeffnung Rechenschaft abzulegen. Diese übrigens schon von Petzval angestellte elementare Berechnung ergiebt, dass bei einer Oeffnung von 0,3 *mm* Durchmesser die Distanz für das schärfste Bild 50 *mm* betragen soll,

während sie nach Experimenten von A. Wagner etwa 100 *mm* beträgt. Lassen wir gleichwohl diese nur angenäherten Zahlen gelten, so ergiebt eine einfache Rechnung, dass ein nach Petzval konstruirtes Portraitobjektiv, welches bei einer Oeffnung von 8 *cm* und einer Brennweite von 30 *cm* eine 10-malige Vergrösserung in der Bildmitte vertrage, die Lochkamera in Bezug auf Lichtstärke etwa 18000-mal, in Bezug auf Schärfe bei gleicher Bildentfernung etwa 180-mal übertrifft. Bei den heutigen lichtstarken Portraitobjektiven, die bei 30 *cm* Brennweite mit einer Oeffnung bis zu 12 *cm* gebraucht werden können, ist die Lichtstärke sogar nahe 40000-mal grösser als das der Lochkamera.

Abbildung durch eine einfache Sammellinse.

Durch Einfügung einer einfachen Sammellinse hinter die Oeffnung der Lochkamera zeichnete Leonardo da Vinci der heutigen photographischen Optik die Bahn vor. So unvollkommen das von einer einfachen Linse entworfene Bild auch ist, für die damalige Zeit bedeutete die Einführung immerhin einen Fortschritt. Vermindert die Linse doch gerade die beiden Hauptmängel der Lochkamera, indem sie ein relativ scharfes und vor allem lichtstarkes Bild liefert. Beide Vorzüge sind eine Folge der Eigenschaft brechender Kugelflächen, die von einem Punkte ausgehenden Strahlen nahe wieder in einem Punkte zu vereinigen, d. h. homozentrische Strahlenbüschel in nahe wieder homozentrische Büschel umzuwandeln.

Wir wollen annehmen, es leiste eine einfache Linse diese Strahlenvereinigung faktisch *punktweise*. Dann entsteht gleichwohl von einem Objektpunkt kein Bild-*Punkt*, sondern ein mehr oder weniger ausgedehntes Bild-*Scheibchen*. Ein System, welches gemäss der geometrischen Konstruktion ein homozentrisches Strahlenbüschel punktweise vereinigt, leistet eben im Sinne der Wellenlehre weiter nichts, als dass es die kugelförmige Wellenfläche der Strahlen eines selbstleuchtenden Punktes umwandelt in eine wieder *kugelförmige* Wellenfläche mit *anders* gelegenem Zentrum. Nun lehrt die Beugungstheorie auf Grund der Interferenz der von der wirksamen Wellenfläche ausgehenden Elementarwellen, dass eine kugelförmige Wellenfläche in ihrer Mittelpunktsebene ein Lichtscheibchen mit abwechselnd dunklen und hellen Ringen erzeugt. Die Ausdehnung dieses vom Rande nach der Mitte an Helligkeit zunehmenden Beugungsscheibchens hängt ab von dem Oeffnungsverhältniss des abbildenden Systems. Je grösser letzteres, um so mehr schrumpft das Beugungsscheibchen zu einem punktförmigen Gebilde zusammen. Im Sinne der Wellenlehre ist also der Bildpunkt lediglich die *Grenze*, welcher sich die resultirende Lichtvertheilung in der Mittelpunktsebene der aus dem optischen System austretenden Wellenfläche in dem Maasse nähert, als der wirksame Theil der Wellenfläche an Ausdehnung zunimmt.

Die physische Optik kennt keinen anderen Begriff vom Bildpunkt.

Beugung von Bildentstehung trennen wollen, heisst Wirkung von Ursache scheiden. Trotzdem begegnet man noch häufig der falschen Vorstellung über den Einfluss der Beugung, als ob dieselbe eine Art Störenfried wäre, den man unter Umständen vermeiden könnte oder der erst durch den Rand der Blende erzeugt würde.

Trifft die Voraussetzung, dass das abbildende System, strahlentheoretisch gesprochen, homozentrische Büschel punktweise vereinigt, d. h. *frei von sphärischer Abweichung* ist, nicht zu, so hat die wirksame Wellenfläche im Bildraum eine von der Kugelform abweichende Gestalt, und die Folge davon ist, dass das System mit Ab-

bildungsfehlern behaftet ist. Um die Abbildung in diesem Falle kennen zu lernen, muss man einmal die *Gestalt* der Wellenfläche bestimmen, sodann aber die von dem wirksamen Theil der Wellenfläche am Orte der Gauss'schen Bildebene erzeugte Beugungswirkung berechnen. Diese Berechnung ist weder einfach noch für jede Form einer Wellenfläche durchführbar[1]).

Was die punktweise Strahlenvereinigung der einfachen Sammellinse anlangt, so kann bei geeigneter Form der Linse und unter Benutzung stark brechenden Materials die sphärische Abweichung lediglich auf ein Minimum reduzirt werden. Immerhin verschwindet die bei relativ kleinem Oeffnungsverhältniss für einfarbiges Licht auftretende Abweichung von der punktweisen Abbildung gegenüber der Unschärfe, welche infolge der Dispersion des Lichtes und zwar bei beliebig kleiner Oeffnung der Linse eintritt. Ist doch der chromatische Zerstreuungskreis etwa gleich dem 33. Theil des Linsendurchmessers[2]).

Infolge der chromatischen Abweichung ist nun das Linsenbild dem Lochbild nur unwesentlich überlegen. Berücksichtigt man nur den Beugungseffekt (unter der Annahme geometrisch punktweiser Strahlenbrechung) und den chromatischen Zerstreuungskreis, so ergiebt eine angenäherte Rechnung, dass die Unschärfe bei einer einfachen Linse für eine Oeffnung von 3 *mm* und ein Oeffnungsverhältniss von $^1/_{100}$ ein *Minimum* ist und zwar gleich 0,244 *mm*. Das Linsenbild ist somit dem Lochbilde rund 24-mal an Intensität und 5-mal an Schärfe überlegen[3]).

Diese nicht gerade bedeutende Steigerung zweier der wichtigsten Eigenschaften, der Lichtstärke und Schärfe der Bilder, welche man durch Anwendung einer einfachen Sammellinse statt einer Oeffnung gewonnen hat, ist nun aber durch die damit verbundenen Nachtheile theuer genug erkauft.

Zunächst entsteht das deutlichste Abbild eines Objektes nur an einer ganz gewissen Stelle, deren Ort mit der Entfernung des Objektes variirt, während bei der Lochkamera, wenigstens für genügend weit entfernte Objekte, das Bild in jedem Abstande von der Oeffnung gleich scharf ist. Das Linsenbild zeigt also eine nur geringe Tiefe.

Ausserdem ist in Folge der Dispersion des Lichtes die einfache Sammellinse mit dem sogenannten *chemischen Fokus* behaftet.

Dieser Fehler äussert sich dadurch, dass das auf der photographischen Platte fixirte Bild trotz vorheriger scharfer Einstellung durch das Auge den Eindruck macht,

---

[1]) Neuerdings hat K. Strehl die Frage, welche Lichtvertheilung eine *nicht*-kugelförmige Wellenfläche am Orte der Gauss'schen Bildebene, bezw. im Bildraume bewirkt, einem genauen Studium unterworfen. Siehe K. Strehl, Theorie des Fernrohrs auf Grund der Beugung (Leipzig 1894), und seine in *dieser Zeitschr.* publizirten Aufsätze.

[2]) Dies war der Grund, weshalb man zu einer Zeit, da die Achromasie noch unerreichbar schien, Linsen mit sehr langen Brennweiten anwandte bezw. von den brechenden zu den *spiegelnden* Systemen überging. Bald hatte man diejenige Form der spiegelnden Flächen herausgefunden, welche *alle* von einem Punkte kommenden Strahlen *aberrationsfrei* vereinigen und von einem weissen Objektpunkt wieder einen *farblosen* Punkt entwerfen. Dass diese am besten „*aberrationsfrei*“ genannten Flächen dennoch ausser in ganz einzelnen Fällen (Scheinwerfer) keine Anwendung gefunden haben, liegt daran, dass sie nicht in dem Abbe'schen Sinne „*aplanatisch*“ sind und ausser dem bevorzugten Achsenpunkt nicht auch noch die ihm seitlich benachbarten Punkte aberrationsfrei abbilden. Dies ist bei der Seidel'schen Abbildung erst der Fall, wenn ausser $S_1 = 0$ auch noch $S_2 = 0$ wird, d. h. die Fraunhofer'sche Bedingung bezw. bei beliebiger Weite der Büschel die *Sinusbedingung* erfüllt ist.

[3]) Diese Vergleichung zwischen der Leistung der Lochkamera, der einfachen Linse und dem zweilinsigen Achromaten in Bezug auf die Lichtstärke und Bildschärfe hat schon Petzval angestellt. Siehe „Bericht über die Ergebnisse einiger dioptrischen Untersuchungen.“ Pesth 1843.

als ob nicht scharf eingestellt worden wäre. Es ist eben die photographische Platte für einen anderen Spektralbezirk empfindlich wie das menschliche Auge.

Sowohl die „Tiefenaberration" wie der „Fokusdifferenzfehler" werden mit Verkleinerung der Linsenöffnung ebenfalls vermindert. Und da schon wegen der sphärischen Aberration keine grosse Oeffnung genommen werden darf, so sind jene Fehler noch relativ klein im Vergleich zu denen der *schiefen* Büschel.

Bei der Abbildung mittels der einfachen Sammellinse bei enger Oeffnung treten also hauptsächlich die folgenden drei Fehler auf: *Astigmatismus*, *Bildwölbung* und *Verzerrung*, welche um so stärker hervortreten, je grösser die Neigung der Büschel, d. h. je grösser das Gesichtsfeld ist.

Zur Beseitigung dieser Fehler lässt sich nicht viel thun, wenigstens nicht auf dem Wege der Kompensation. Wohl aber kann eine Verminderung derselben durch die *Gestalt* der Linse (*Meniskenform*) und durch eine geeignete *Abblendung* (Vorderblende) herbeigeführt werden.

Giebt der Meniskus kraft seiner Gestalt ein scharfes Bild von grösserer Ausdehnung als die gewöhnliche bikonvexe Form, so bewirkt eine an geeigneter Stelle befindliche Blende, dass das beste Bild auf einer *Ebene* sich entwickelt.

Einfluss des Blendenabstandes auf Bildebenung und Verzerrung. Ursache der Verzerrung.

Um den Einfluss der Blendenstellung auf die Lage der ausserachsialen Bildpunkte kennen zu lernen, müssen wir erinnern an die Eigenschaften des Astigmatismus, von einem Objektpunkte statt eines Bildpunktes *zwei* von einander getrennte *Brennlinien* m_1 und m_2 (Fig. 2) zu erzeugen. Die den verschiedenen Objektpunkten entsprechenden Brennlinien m_1 bezw. m_2 liegen auf je einer gewölbten Fläche K_1 bezw. K_2, welche sich im Schnittpunkte E der Achsenstrahlen berühren. Bilden sich auf der einen Fläche konzentrische *Kreise* oder *tangentiale* Linienelemente scharf ab, so auf der anderen die *Radien* der Kreise, also *radiale* Linienelemente.

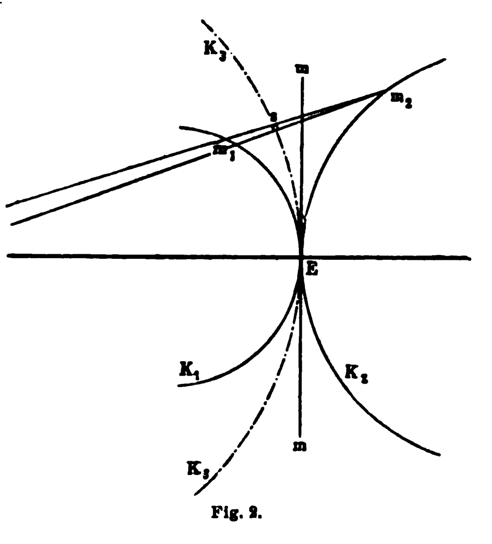


Fig. 2.

Auf einer *ebenen* photographischen Platte am Orte des Brennpunktes E der Linse entsteht weder von den Kreisen noch von den Radien ein scharfes Bild, da die schiefen astigmatischen Büschel von ihr in Ellipsen geschnitten werden.

Ganz allgemein fasst man die zwischen den Brennlinien gelegene *Stelle der engsten Einschnürung s* als das Bild des Objektpunktes auf. Bei reinem Astigmatismus und einer kreisförmigen Blende ist dieser kleinste Büschelquerschnitt ebenfalls *kreisförmig*. Diese an Stelle der verschiedenen Objektpunkte auftretenden Zerstreuungskreise liegen im Allgemeinen ebenfalls auf einer *gewölbten* Fläche K_3, welche gleichfalls die Achse im Brennpunkte E schneidet. Es wäre also da, wo der Astigmatismus *nicht* gehoben werden kann, schon viel gewonnen, wenn man wenigstens die zwischen den Brennlinien jedes schiefen Büschels gelegene kleinste Einschnürung für *alle*

Büschel in die Bildebene *Em* der Nullstrahlen verlegen, also Fläche K_3 mit Ebene *Em* zur Koïnzidenz bringen könnte.

In der That erreicht man dies durch *Anwendung einer vor der Linse in gewisser Entfernung befindlichen sogenannten Vorderblende P* (Fig. 3).

Wie die Figur ohne Weiteres lehrt, schneidet die abstehende Blende aus jedem Büschel ein Partialbüschel aus, welches allein wirksam wird, während die anderen Strahlen unterdrückt werden; und während ferner bei eng anliegender Blende alle diese Partialbüschel ein und dieselbe, nämlich die mittlere Zone der Linse durchsetzen, durchstossen bei *entfernter* Blende die wirksamen Partialbüschel die Linse an *verschiedenen* Stellen, und zwar um so näher ihrer Randzone, je grösser die Neigung der Büschelachse gegen die Linsenachse ist.

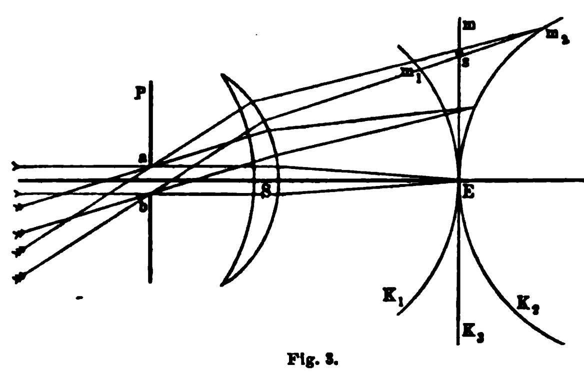


Fig. 3.

Die Erfahrung lehrt, dass bei gewisser Entfernung der Blende für jeden Meniskus wirklich die kleinsten Querschnitte aller schiefen Büschel fast nahe in die Bildebene *Em* der Achsenstrahlen verlegt werden können. Weit entfernt von dem, was wir als Bild-*Ebenung* bezeichnet haben, kann die durch eine Vorderblende bewirkte Aenderung des Strahlenganges nur eine *künstliche Bildstreckung* genannt werden. Was unter Bildwölbung im Sinne der Seidel'schen fünf Abbildungsfehler verstanden wird, ist lediglich die Wölbung eines *punktweisen* Abbildes. Nur wenn bei Aufhebung der Bildwölbung, also Herstellung der Bildebenung, die punktweise Strahlenvereinigung erhalten bleibt, kann von einer *Beseitigung* dieses Fehlers gesprochen werden. Wir kommen hierauf bei Besprechung des zweilinsigen Achromaten zurück.

Hier aber wird nur eine *Verschiebung* des kleinsten Querschnittes der astigmatischen Differenz m_1 m_2 bewirkt, unter Umständen selbst durch Vergrösserung der Strecke m_1 m_2. Ja, dieses künstliche Geradebiegen des Bildes *ist überhaupt nur möglich, wo ein genügender Mangel* an punktweiser Strahlenvereinigung vorhanden ist[1]). Nur in solchem Falle kann der Schnittpunkt eines durch eine enge Blende aus einem vollen Büschel ausgeschnittenen Partialbüschels durch Lagenänderung der Blende ebenfalls in seiner Lage geändert werden. In Fig. 4 ist dieser Vorgang anschaulich gemacht worden.

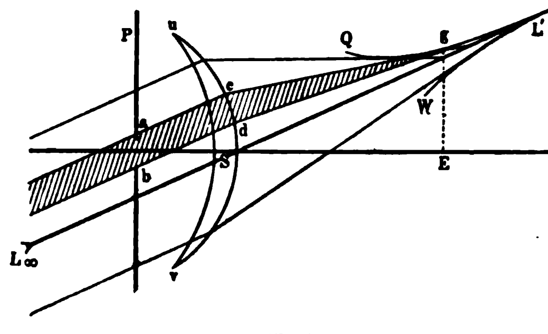


Fig. 4.

Das volle schiefe Büschel mit der Oeffnung *uv* der Linse *S* bildet, soweit nur die in der Papierebene verlaufenden Meridionalstrahlen in Betracht kommen, eine *kaustische Kurve QL'W*, welche, nebenbei bemerkt, nicht symmetrisch zur Büschelachse $L_\infty SL'$ gelegen ist. Nur die einander benachbarten Strahlen werden sich mehr oder weniger in einem Punkte bezw. in einer kleinen Brennlinie schneiden. Durch

[1]) Diese einfache Erkenntniss erlaubt gleichwohl wichtige Schlüsse bei den später zu erörternden symmetrischen Doppelobjektiven.

Anwendung der Blende *P* mit der engen Oeffnung *a b* werden nun alle Strahlen des schiefen Büschels *u v* bis auf das in der Figur schraffirt gezeichnete Partialbüschel *c d* abgeblendet. In Folge dessen entsteht an Stelle der kaustischen Kurve *QL' W* jetzt vom Objektpunkte L_∞ ein nahe definirtes Bild bei *g*. Je näher die Blende *P* an *S* heranrückt, um so näher rückt *c d* nach der Linsenmitte und der „Bildpunkt" *g* nach *L'*. Sobald also die Blende mit der Linse zusammenfällt, durchsetzen alle wirksamen Partialbüschel die Mitte der Linse, und die *Spitzen L'* der verschiedenen Kaustiken bilden die Lage der meridionalen „Bildpunkte". Sobald aber der Blendenabstand genügend gross ist, durchsetzen die verschiedenen Partialbüschel *verschiedene* Zonen der Linse, und von jeder Kaustik kommt nur eine Stelle *g* zur Wirkung. Die benutzte Zone liegt um so näher dem Rande der Linse, und die wirksame Stelle *g* der Kaustik liegt um so weiter von der Spitze *L'* ab, je grösser die Neigung des Büschels *u v* ist, dem das Partialbüschel *a b* angehört.

Nach einander kann man diesen Verlauf des Strahlenganges auch hervorbringen, indem man die Blende *P* ganz an die Linse rückt und längs ihrer Fläche in vertikaler Richtung verschiebt. Aber nur die *achsiale* Blendenverschiebung vermag *gleichzeitig* aus den verschiedenen Büscheln ganz verschieden gelegene Partialbüschel auszuschneiden.

Hand in Hand mit der Vergrösserung des Blendenabstandes und der hierdurch erzielten „Bildstreckung" machen sich aber andere Uebelstände bemerkbar. Zunächst sei der geringfügigere Fehler erwähnt, dass sowohl die Grösse des Sehfeldes als auch der gleichmässig beleuchtete Theil des Bildes verkleinert wird. Der weitaus schlimmere Fehler aber ist die *Verzerrung* (*Distortion*) des Bildes.

Bedingung für winkelgetreue Zeichnung (Orthoskopie).

Sind die vier ersten Seidel'schen Bedingungen (S_1 bis S_4) erfüllt, so entwirft das System von einer Objektebene senkrecht zur Achse ein punktweise scharfes Abbild in wieder einer *Ebene* senkrecht zur Achse, welches aber erst dann dem Objekt *perspektivisch ähnlich* ist, sobald auch noch $S_5 = 0$ geworden ist. Diese Bedingung bezieht sich nothwendig auf den Gang der *Hauptstrahlen* und lässt sich durch einfache Betrachtungen ableiten.

Zunächst ist es klar, dass überall da, wo wie bei der *Lochkamera* (Fig. 1) die Hauptstrahlen vom Objekt- zum konjugirten Bildpunkte *ungebrochen* weitergehen, die perspektivische Aehnlichkeit von selbst erfüllt ist. Ist doch die Mitte der abbildenden Oeffnung, in der sich die Hauptstrahlen kreuzen, das Projektionszentrum, und werden demnach die perspektivischen Hauptstrahlenbüschel von einander parallelen Ebenen in *ähnlichen* Figuren geschnitten. Da bei der Lochkamera in der That einem ebenen Objekt wieder ein ebenes Abbild entspricht, wenn auch von geringer Bildschärfe, so muss die Lochkamera infolge des *geradlinigen* Verlaufs der Hauptstrahlen nothwendig ein bis zum Rande des Sehfeldes perspektivisch ähnliches Bild entwerfen.

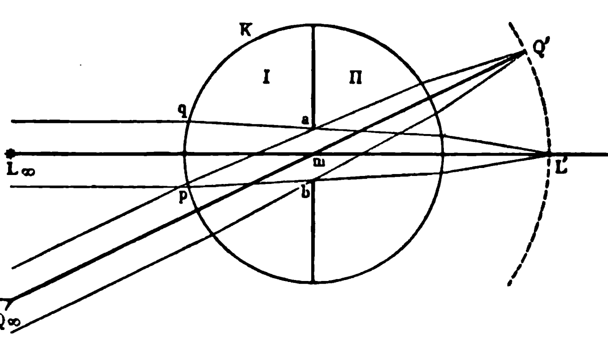


Fig. 5.

Ganz derselbe Verlauf der Hauptstrahlen findet statt bei der *kugelförmigen* Linse (Fig. 5) mit enger zentraler Blende *a b*. Auch hier gehen die Hauptstrahlen *geradlinig*

vom Objektpunkt zum konjugirten Bildpunkt. Soll auch hier das Bild dem Objekt ähnlich sein, so müssten parallele zur Achse senkrechte Ebenen einander punktweise konjugirt bezw. zugeordnet sein. Wie die Figur lehrt, entwirft die Kugellinse von einem *ebenen* Objekt ein *gewölbtes*, wenn auch, wenigstens bei relativ kleiner Oeffnung, scharfes Abbild. Wohl schneiden die Hauptstrahlen aus einer ebenen photographischen Platte ein dem Objekt ähnliches Bild aus, dasselbe ist aber nur in seinem mittleren Theile scharf, während seine Schärfe von der Mitte zum Rand schnell abnimmt. Das auf einer geeignet gekrümmten Platte aufgefangene bis zum Rand scharfe Bild $Q'L'$ andrerseits ist seinem unendlich fernen ebenen Objekt *unähnlich*.

Erleiden die Hauptstrahlen, wie bei den meisten Objektiven, beim Durchgang durch das System eine *Brechung*, so muss der Verlauf derselben gewissen Gesetzen gehorchen, soll auch jetzt noch Orthoskopie vorhanden sein.

Wir haben erwähnt, dass eine einfache Linse mit *Vorderblende* eine Verzerrung im Bilde hervorruft, die um so grösser ist, je weiter die Blende von der Linse abrückt. Wir wollen zunächst an diesem einfachen Fall die Frage erörtern, welches der Gang der Hauptstrahlen sein muss, damit eine *ähnliche* Abbildung stattfindet. Dabei werde die Annahme gemacht, dass das System S eine zur Achse senkrechte Objektebene in einer wieder zur Achse senkrechten Ebene scharf abbilde. Liegt, wie

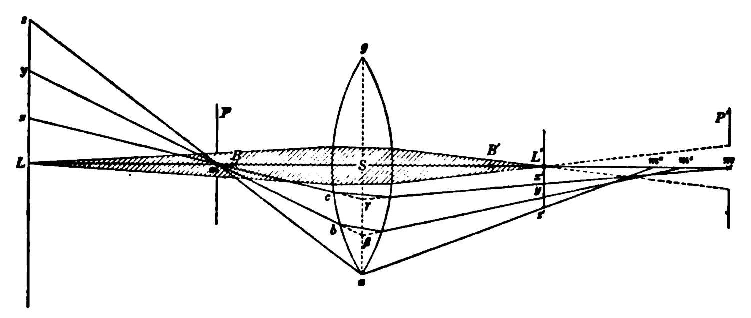


Fig. 6.

in Fig. 6, die Blende P *vor* dem System, so durchdringen die Hauptstrahlen im Objektraum die Achse alle in ein- und demselben Punkte, dem Ort m der Blende, gelangen dann zum abbildenden System und werden nach den Regeln der geometrischen Optik gebrochen. Je nach der Korrektion des Systems ist der Verlauf dieser gebrochenen Hauptstrahlen ein verschiedener. Ist das System eine einfache Sammellinse, so schneiden die Randstrahlen nach der Brechung die Achse früher als die Achsenstrahlen; es seien m', m'', m''' die den gezeichneten Hauptstrahlen $m\,a$, $m\,b$, $m\,c$ entsprechenden Schnittpunkte. Ferner seien α (identisch mit a) β, γ etc. die Punkte, in denen sich die verlängerten, einander *konjugirten* Hauptstrahlen schneiden; diese mögen die *Hauptpunkte* der *schiefen* Büschel oder kurz der Hauptstrahlen heissen.

Der Annahme gemäss erzeugt das System S von einem ebenen Objekt punktweise ein *ebenes* Abbild. Demnach haben die in einer zur Achse senkrechten Ebene gelegenen Objektpunkte ihre Bildpunkte da, wo die von den Objektpunkten ausgehenden Hauptstrahlen nach der Brechung im Bildraum von der *konjugirten*, ebenfalls zur Achse senkrechten Ebene geschnitten werden. Die Orthoskopie oder ähnliche Abbildung erheischt demnach, dass alle zu einander konjugirten Hauptstrahlenpaare aus den konjugirten Ebenenpaaren *ähnliche* Figuren ausschneiden. Dies ist aber nur der Fall, wenn die im Objektraum sich schneidenden Hauptstrahlen *auch im Bildraume sich in einem Punkte kreuzen und die Schnittpunkte* (α, β, γ *etc.*) *konjugirter Hauptstrahlen auf einer zur Achse senkrechten Ebene liegen.*

In diesem Falle gehören die Hauptstrahlen perspektivischen Strahlenbüscheln an und, wo man auch einen zur Achse senkrechten Schnitt führt, stets sind die ausgeschnittenen Figuren einander perspektivisch ähnlich. Sind die beiden aufgestellten Bedingungen gleichzeitig erfüllt, so ist das abbildende System für *alle* Objektentfernungen orthoskopisch.

Liegen die Hauptpunkte auf einer zur Achse senkrechten Ebene, so bleibt als einzige und hinreichende Bedingung für orthoskopische Zeichnung die Forderung der *punktweisen Vereinigung aller Hauptstrahlen übrig.* Diese ist aber gleichbedeutend damit, dass die Linse alle von *m* ausgehenden Strahlen in einem einzigen Punkte aberrationsfrei vereinigt, d. h. *in Bezug auf den Ort m der Blende P und dessen Gauss'sches Bild m' frei von sphärischer Abweichung ist*[1]).

Ist bei einem System die „sphärische Aberration der Hauptstrahlen" beseitigt, so entscheidet die Lage der Hauptpunkte, ob das System verzeichnet und welcher Art die Verzeichnung ist. Die weitere Forderung, dass alle Hauptpunkte auf einer zur Achse senkrechten Ebene liegen, ist identisch mit der *Tangentenbedingung.* Sagt dieselbe doch aus, dass das Verhältniss der Tangenten der Winkel zwischen Hauptstrahl und

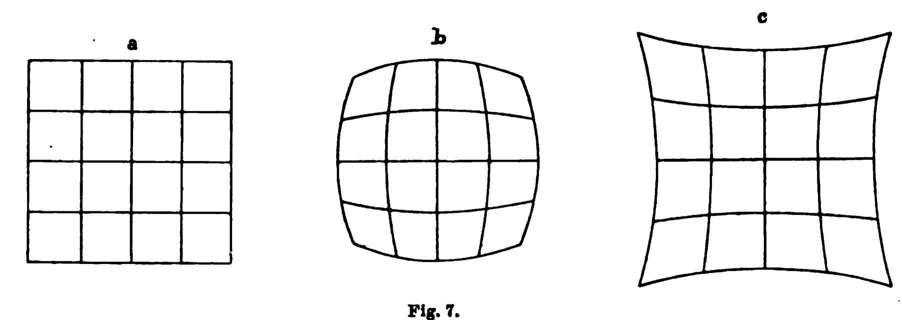


Fig. 7.

Achse für *alle* konjugirten Hauptstrahlen *konstant* sei[2]). Jedenfalls erheischt aber die ähnliche Abbildung des ganzen Objektraumes *ausser* der Konstanz des Tangentenverhältnisses die *sphärische Korrektion des Systems für den Ort der Blende und sein Bild* und zwar für das von den wirksamen Hauptstrahlen benutzte Oeffnungsverhältniss (ag/mS).

Bei einer dünnen bikonvexen Linse, wo die Hauptpunkte nahe auf deren Mittelebene ag. liegen, giebt der Verlauf der Hauptstrahlen allein schon Auskunft über die Art der Verzeichnung, deren Grösse und deren Veränderung bei einer Ortsänderung der Blende, des Objektes oder der Linse. Zunächst weiss man, dass eine positive einfache Linse die Randstrahlen *stärker* bricht wie die Achsenstrahlen. Wenn daher wie in Fig. 6 vom Objekt und der Vorderblende reelle Bilder erzeugt werden, folgt aus der gegenseitigen Lage derselben ohne Weiteres, dass gleichgrosse Objektstrecken $(Lx = xy = yz$ etc.) nach dem Rande des Sehfeldes hin eine *Verkleinerung* erfahren $(L'x' > x'y' > y'z')$. Von einem Netz sich rechtwinklig schneidender Linien (Fig. 7a) entsteht also ein verzerrtes Bild, ähnlich der Fig. 7b. Wir wollen diese Art der Verzeichnung als *negativ* bezeichnen. (Fortsetzung folgt.)

[1]) Beim *Aplanat*-Typus oder den *„Doppelobjektiven"* von genau zur Blendenmitte symmetrischem Bau ist die Lage der Hauptpunkte überhaupt von keiner Bedeutung. Da in Folge des symmetrischen Strahlengangs die konjugirten Hauptstrahlen einander parallel laufen, so genügt, wie wir später zeigen werden, die *punktweise* reelle oder virtuelle Vereinigung der ein- und austretenden Hauptstrahlen oder in anderen Worten die *sphärische Korrektion des Systems in Bezug auf die „Ein- und Austrittspupille"* zur Herstellung *vollkommener Orthoskopie.*

[2]) Vgl. S. Czapski. *A. a. O. S. 110 bis 113.*

Referate.

Eine neue Art der Unterstützung grosser Spiegel.

Von G. W. Ritchey. *Astrophys. Journ.* **5.** *S. 143. 1897.*

Dass die grossen Spiegelteleskope mit den Refraktoren in der Erzeugung scharfer Bilder nicht rivalisiren können, rührt zum grossen Theil von der Biegung her, die die Spiegel durch die Schwere erleiden. Hier sucht Verfasser die bessernde Hand anzulegen, indem er eine neue Unterstützung für die Spiegel vorschlägt.

Er theilt die Rückfläche des Spiegels in eine Anzahl gleicher Theile ein, etwa in 12, indem er mit der Hälfte des Spiegelradius aus der Mitte der Rückfläche einen mit dem Rand konzentrischen Kreis zieht und den inneren Kreis in drei gleiche Sektoren, den Kreisring aber in neun kongruente Stücke theilt. Die an Flächeninhalt gleichen Theile werden in ihren Schwerpunkten unterstützt. An drei symmetrisch gelegenen Stellen geschieht dies durch starke, den Boden einer gusseisernen Platte durchdringende Schrauben, welche gehärtete, polirte Stahlplatten gegen die Rückfläche des Spiegels drücken. Gegen die übrigen neun Flächenstücke wirken doppelarmige Hebel mit ihren kurzen Enden, und zwar werden die Hebel so regulirt, dass jeder den über ihm befindlichen Theil des Spiegels gerade trägt, in unserem Falle also $^1/_{12}$ des Gesammtgewichtes. Auf jede der drei Schrauben entfällt dann natürlich ein gleicher Antheil.

Um eine seitliche Verschiebung des Spiegels unmöglich zu machen, wird er durch zwei um 90° von einander stehende Federn gegen zwei diesen diametral gegenüber befindliche Bogenstücke gedrückt, welche auf der erwähnten gusseisernen Platte aufsitzen. Dieser Druck ist jedoch nur ein schwacher; der Hauptsache nach wird die seitliche Verschiebung, insofern sie nämlich bei schiefer Stellung des Spiegels durch das Gewicht desselben bedingt sein würde, wiederum durch ein System von Hebeln verhütet. Um den Rand des Spiegels ist zunächst ein Ring von hartem Leder und um diesen ein Metallring gelegt. In Hervorragungen an diesem Metallring greifen mit ihren kurzen Armen acht Hebel ein, welche in Kugelgelenken, die auf der gusseisernen Platte ruhen, drehbar sind und bei horizontaler Lage des Spiegels durch Oeffnungen in der Platte vertikal herunterhängen, ohne wirksam zu sein, um so stärker aber wirken, je mehr der Spiegel geneigt wird.

Auch die Rückseite der homogenen, gut gekühlten Glasmasse soll polirt und versilbert sein, weil sonst eine Ursache für Temperaturunterschiede in der Glasmasse gegeben wäre.

Bei dem Spiegel von 150 *cm* Durchmesser, welchen Verf. herstellen will, wird die von ihm in Vorschlag gebrachte Art der Unterstützung jedenfalls die Probe auf ihre Brauchbarkeit zu bestehen haben. *Kn.*

Ueber einen Apparat, der Konvektionsströme anzeigt, und seine Verwendung als Kalorimeter.

Von Alfred Bennett. *Engineering* **63.** *S. 239. 1897.*

Das Thermoskop, welches Joule i. J. 1863 in Manchester vorführte, bestand im Wesentlichen aus einer der Länge nach durch eine Scheidewand getheilten Röhre, deren beide Hälften indessen oben und unten kommunizirten. Wurde eine Seite dieser Röhre einer höheren Temperatur als die andere ausgesetzt, so entstand eine Luftbewegung, welche oben von der warmen zur kalten, unten von der kalten zur warmen Abtheilung gerichtet war. Aus der Ablenkung einer in der oberen Oeffnung mittels Seidenfadens aufgehängten Magnetnadel konnte alsdann die zwischen den beiden Luftsäulen bestehende Druckdifferenz abgeleitet werden.

Der vom Verfasser beschriebene Apparat hat mit diesem Joule'schen einige Aehnlichkeit, ohne dass jedoch der Verfasser jene ältere Konstruktion gekannt hätte. An Stelle der aufgehängten Nadel wurde als Index ein leichtes, in Spitzen laufendes Flügelrädchen benutzt, wie es Fig. 1 erkennen lässt. Dieses Flügelrädchen E ist von einer unten offenen

Glasröhre A umgeben, über welche sich ein trichterförmiger Schornstein B erhebt. Das Ganze ist von einer Glasglocke G überdeckt.

Wird ein solcher Apparat, welchen der Verfasser „Konvektionsmühle“ nennt, im Freien aufgestellt, so dringt die strahlende Wärme der Sonne oder des Tageslichts durch die Glasglocke und den Glaszylinder hindurch und erwärmt die Mühle und alle sonstigen Theile des Apparates. Die erwärmte Luft steigt dann im Schornstein auf, wird bei Berührung mit der kälteren Glaswand abgekühlt, sinkt zu Boden und tritt darauf von unten her wieder in den Glaszylinder ein. Es entsteht somit ein dauernder Luftstrom in der Richtung, die die Pfeile angeben, und es wird durch diesen die Mühle in Bewegung gesetzt. Die Anzahl der Rotationen der Mühle in einer gegebenen Zeit erlaubt einen Schluss auf die Grösse der Wärmestrahlung. Das Instrument dürfte deshalb zur Verwendung in der Meteorologie be-

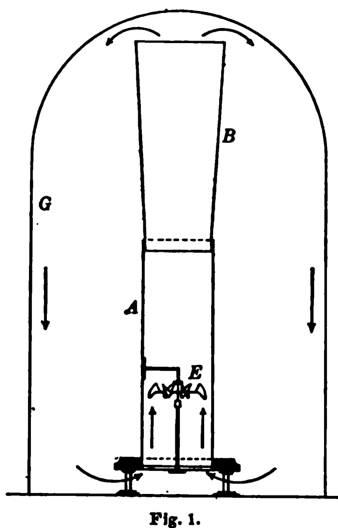


Fig. 1.

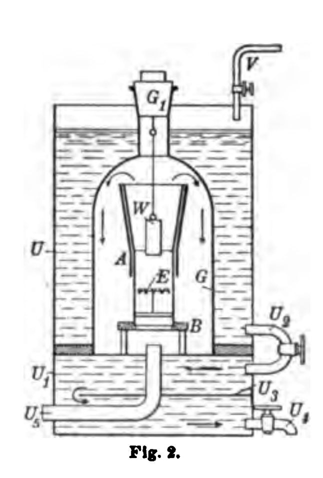


Fig. 2.

sonders geeignet sein; der Verfasser geht gerade auf diesen Punkt etwas näher ein und hebt hervor, dass er im Stande war, mit seinen Konvektionsmühlen die Strahlung des Mondes nachzuweisen.

Von der grossen Zahl verschiedener Konstruktionen, die der Verfasser anführt, dürfte wesentliches Interesse nur derjenigen zukommen, welche in Fig. 2 abgebildet ist. Die oben mit einer Oeffnung versehene Glasglocke ist hier in ein grösseres Gefäss U eingesetzt, welches durch einen bei V eintretenden Wasserstrom auf einer konstanten Temperatur gehalten wird; der Wasserstrom verlässt das Gefäss U durch die Oeffnung U_2 und fliesst nach Durchsetzung zweier Kästen U_1 und U_3 durch U_4 ab. Die Röhre U_5 dient zur event. Füllung des Innenraumes mit einem beliebigen Gase. Solange ein völliges Temperaturgleichgewicht noch nicht erreicht ist, rotirt die Mühle E; sie gelangt erst zum Stillstand, sobald die Temperatur des Innenraumes nur noch $^1/_6{}^0$ C. von derjenigen des umgebenden Wassers verschieden ist.

Wird nun ein Körper W von irgend einer Substanz bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmt und alsdann, an dem luftdicht schliessenden Stopfen G_1 hängend, in den Raum oberhalb der Mühle E eingesenkt, so wird in Folge des gestörten Temperaturgleichgewichtes die Mühle sofort wieder zu rotiren beginnen, und diese Rotation wird erst aufhören, sobald der Innenraum in der Temperatur wiederum bis auf $^1/_6{}^0$ C. derjenigen des fliessenden Wassers gleich ist. Aus der Anzahl der in dieser Zeit erfolgten Umdrehungen der Konvektionsmühle kann man sodann einen Schluss auf die von dem Körper W abgegebene Wärmemenge ziehen und hieraus die spezifische Wärme der Substanz W berechnen.

Hing man beispielsweise einen Bleizylinder, dessen Temperatur $11^0,4$ betrug, über der Mühle auf, während das fliessende Wasser eine Temperatur von $5^0,2$ besass, so beobachtete man für diese Temperaturdifferenz eine 101,5-malige Umdrehung der Mühle. Ein Kupfer-

zylinder gab bei denselben Temperaturen 307,4 Umdrehungen. Nimmt man die spezifische Wärme von Blei zu 0,031, so folgt hieraus in direkter Proportion die spezifische Wärme des Kupfers gleich $0{,}031 \cdot \frac{307{,}4}{101{,}5} = 0{,}0939$, was in guter Uebereinstimmung mit bekannten Werthen ist.

Auch zur Bestimmung der spezifischen Wärme von Gasen ist der Apparat verwendbar. Man bringt alsdann unterhalb der Mühle eine Heizschlange an, durch welche man bekannte Mengen des zu untersuchenden Gases hindurchleitet; in diesem Falle lässt sich die spezifische Wärme ebenfalls leicht aus der Anzahl der Umdrehungen der Mühle berechnen.

Schl.

Apparat zu messenden Versuchen über Rückstoss, Ausflussgeschwindigkeiten und Ausflussmengen.

Von Hans Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 167. 1896.*

Auf der U-förmigen eisernen Grundplatte *G* (Fig. 1) steht die metallene Säule *A*, die an einem waagrechten Arme die Metallhülse *p* trägt, in deren Muttergewinde oben der Fuss des Blechtrichters *T* und unten das kurze Rohrstück *n* eingeschraubt ist. Durch einen sehr schmiegsamen, aber starken Schlauch *l* ist *n* mit einem gleichen Rohrstück *n'* verbunden, in das unten ein mit der Marke *m* versehenes Glasrohr *g* eingekittet ist. An dem unteren Ende von *g* sitzt ein mit Schraubengewinde versehenes Rohrstück, das an das Ansatzrohr *b* des Kastens *K* angeschraubt ist. Der Kasten, dessen Vorder- und Rückwand durch Glasplatten gebildet werden, trägt unten den rechtwinklig nach vorn gebogenen Zeiger *Z*. Die beiden Seitenflächen besitzen die Oeffnungen *o* und *o'*; *o'* ist durch einen aufgeschraubten Deckel verschlossen, *o* dient zur Aufnahme kleiner aufzuschraubender Metallplättchen (Fig. 2), in denen Ausflussöffnungen verschiedener Grösse und Gestalt angebracht sind. Der Zeiger *Z* spielt vor einer empirischen Skale. An den Boden des Kästchens *K* kann ein Gewicht angeschraubt werden, wodurch die Empfindlichkeit des Apparates halb so gross wird. Dem Apparate, bei dem die Höhe zwischen der Oeffnung *o* und einer im Innern des Trichters *T* angebrachten Marke genau 50 *cm* beträgt, sind noch zwei Metallröhren (Fig. 2)

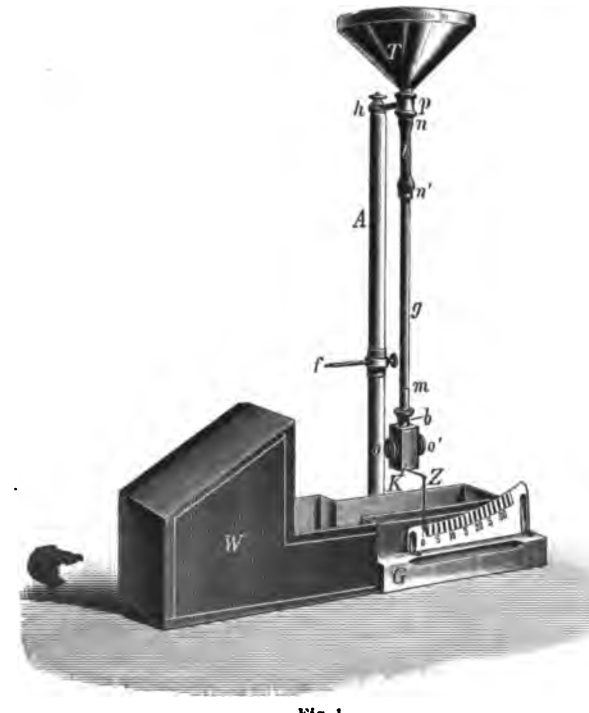


Fig. 1.



Fig. 2.

von 25 *cm* und 50 *cm* Länge beigegeben, die ermöglichen, den Abstand zwischen Ausflussöffnung und Wasserspiegel auf 75 *cm*, 100 *cm* und 125 *cm* zu steigern. Zu dem Apparat gehört ferner ein mit *cm*-Theilung versehenes Blech (Fig. 3) und eine zweckmässig gestaltete, mit Abflussrohr versehene Wanne *W*. Wegen der Handhabung des Apparates bei den ver-

schiedenen Versuchen sei auf die Originalabhandlung verwiesen. Bei den Versuchen über Ausflussmengen ist die Erhaltung des unveränderlichen Wasserspiegels durch einen Gehülfen

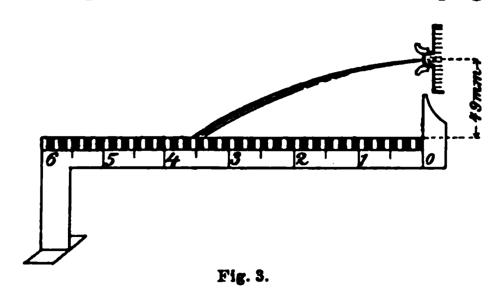


Fig. 3.

misslich; es hätte dieser Uebelstand etwa in ähnlicher Weise wie bei dem Versuche des Herrn Prof. Reichel (*a. a. O.* **4.** *S. 292. 1891*) vermieden werden können. Der Apparat wird für 60 M. von Herrn Max Kohl in Chemnitz geliefert. *H.-H.-M.*

Neue Cadmiumlampe zum Hervorbringen von Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz.

Von M. Hamy. *Compt. rend* **124.** *S. 749. 1897.*

Michelson benutzte bei seiner Vergleichung der Länge des Meter mit der Wellenlänge des Cadmiumlichtes zur Herstellung des letzteren Geissler'sche Röhren, die im Innern Cadmiumstückchen enthielten und während des Gebrauchs stark erhitzt wurden. Als Elektroden dienten Aluminiumringe im Innern der Röhre, deren Verbindung mit den Zuleitungsdrähten des Induktoriums durch dünne, in das Glas eingeschmolzene Platindrähte vermittelt wurde. Indessen waren diese Röhren nur wenig dauerhaft, es entstanden an den Einschmelzstellen leicht Risse und ausserdem veränderte sich nicht selten die Lichterscheinung allmählich so, dass Interferenzen von grossen Gangunterschieden überhaupt nicht mehr beobachtet werden konnten, was Michelson auf das Entstehen einer flüchtigen Verbindung von Cadmium und Aluminium zurückführte.

Der Verf. bemühte sich, diese Uebelstände dadurch zu beseitigen, dass er auf die Einführung von Elektroden ins Innere ganz verzichtete, vielmehr die Röhrenenden mit Messingfassungen umgab, die durch Graphit in innige Berührung mit der Glasoberfläche gebracht wurden; diese Fassungen standen mit dem Induktorium in Verbindung. Zum Zweck der Füllung wurde die Röhre evakuirt, auf etwa 300° erhitzt und mit einigen Zentigramm Cadmium beschickt. Die Glasröhre wurde mittels der Zuleitungsdrähte im Innern einer Erhitzungsröhre aus Messing aufgehängt, welche dieselbe vollständig umschloss und beim Gebrauche auf 350° erwärmt wurde; ein kleines Glasfenster gestattete den Lichtstrahlen den Austritt. Die Leuchtkraft der Lampe soll derjenigen der früher von Michelson angewandten nicht nachstehen. Das Durchschlagen des Funkens sowie die Korrosion des Glases wird dadurch vermieden, dass man in die sekundäre Spule des Induktionsapparates einen Kondensator einschaltet. *Glch.*

Ueber den Einfluss der Magnetisirung auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes.

Von P. Zeeman. *Communications from the labor. of physics at the Univ. of Leyden. Nr. 33. 1896; Phil. Mag.* **43.** *S. 226. 1897.*

Schon Faraday hat Versuche gemacht, die einen Einfluss des Magnetismus auf die Periode des Natriumlichtes zeigen sollten, aber mit negativem Erfolge.

Zeeman stellte eine Gas-Sauerstoffflamme, in die ein mit Natriumsalz getränktes Stück Asbest gebracht war, zwischen die Pole eines Ruhmkorff'schen Elektromagneten und liess das ausgestrahlte Licht auf ein Rowland'sches Gitter fallen. Sobald der Elektromagnet erregt wurde, erschienen die beiden D-Linien verbreitert. Nun wird aber durch den Einfluss

des Magnetismus die Gestalt der Flamme verändert, sodass sich hierdurch auch Dichtigkeit und Temperatur des glühenden Natriumdampfes ändern können.

Um zu beweisen, dass dies nicht der Grund für die Verbreiterung der Linie sein kann, wurde in einem unglasirten Porzellanrohr, wie sie Pringsheim zur Untersuchung der Strahlung von Gasen angewandt hat (*Wied. Ann.* **45.** *S. 457. 1892*), ein Stück Natrium stark erhitzt. Das Rohr war beiderseits durch planparallele Glasplatten verschlossen und wurde horizontal und senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien zwischen die Pole gelegt. Das Licht einer Bogenlampe wurde durch diese Röhre hindurchgeschickt, alsdann erblickte man im Absorptionsspektrum die beiden D-Linien. Um Temperaturungleichheiten zu vermeiden, liess man das Rohr um seine Längsachse rotiren. Sobald der Magnet erregt wurde, beobachtete man auch hier eine Verbreiterung der Linien.

Zeeman sucht seine Beobachtungen durch eine von Lorentz aufgestellte Theorie der elektrischen Erscheinungen zu erklären, wonach angenommen wird, dass in allen Körpern sich kleine, elektrisch geladene Massentheilchen befinden; Bewegung dieser Ionen hat elektrische Vorgänge zur Folge, Vibrationen derselben sind Lichtschwingungen. Aus der Theorie lässt sich nun folgern, dass die Ränder einer durch ein magnetisches Feld verbreiterten Spektrallinie zirkular polarisirt sein müssen, wenn man in Richtung der Kraftlinien in die Flamme hineinsieht; dagegen müssen sie lineare Polarisation zeigen, wenn man die Flamme senkrecht zu den Kraftlinien betrachtet. Der Versuch hat diese Folgerungen bestätigt, sodass er eine Stütze für die Lorentz'sche Hypothese bedeutet. *E. O.*

Mathematische Theorie des Planimeters von Lippincott.

Von T. Wolcott. *Engineer. News* **36.** *S. 410. 1896.*

An dem Lippincott'schen Planimeter ist die Integrirrolle der Konstruktionen von Amsler u. s. f. durch ein Rad mit schneidigem Rand ersetzt, das sich längs einem gläsernen, die Theilung aufnehmenden Arm verschiebt, sodass man von der Art des Papiers, auf dem die Zeichnung aufgetragen ist, unabhängig wird. Das Instrument dient vor allem zur unmittelbaren Bestimmung der Mittelordinate in Indikatordiagrammen und scheint bei den Maschinen-Ingenieuren der Union rasche Verbreitung zu finden; Ref. hat es noch nicht selbst sehen können. Die hier vorgetragene Theorie ist einfach und anschaulich. Der Preis des von der *Hine and Robertson Co.*, New York, 68 Cortlandt Str., in den Handel gebrachten Instruments ist etwa 65 M. *Hammer.*

Zur Geschichte des Theodolits.

Rivista di Topogr. e Catasto **8.** *S. 170. 1895/96.*

Stelle aus Ubaldi's *Problematum astronomicorum Libri VII.*, Venedig 1609, wo ein Scheibeninstrument beschrieben und abgebildet wird, auf dessen Horizontalkreis-Alhidadenarm ein Höhenkreis mit Diopter aufgesetzt ist. Im Prinzip stimmt die Messung von horizontaler Richtung und Höhenwinkel mit dieser Einrichtung der Absehlinie allerdings ganz überein mit dem heutigen teleskopirten Theodolit. *Hammer.*

Notiz.

Im vorigen Heft *S. 180 Z. 11 v. u.* lies statt $[\alpha]_{17,5^0} = 66,295 \pm 0,003$:
$[\alpha]_{17,5^0} = 66,295$ mit einer absoluten Genauigkeit von $\pm$ 0,008.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **August 1897.** Achtes Heft.

Beiträge zur photographischen Optik.

Von
Prof. Dr. **O. Lummer** in Charlottenburg.

(Fortsetzung von S. 219.)

Je nachdem die Blende auf der Strecke *BS* (Fig. 6 auf *S. 218*), d. h. innerhalb der Brennweite, gelegen ist oder auf der Strecke *LB* zwischen Objekt und Brennebene, wird von ihr ein *reelles* oder *virtuelles* Bild entworfen. Wie dem aber auch sei, stets ist die Verzerrung eine *negative*, solange die Blende *vor* dem System sich befindet. In dem Fall, wo die Blende mit der vorderen Brennebene bei *B* koïnzidirt, liegt ihr Bild im Unendlichen und es müssen die Hauptstrahlen *parallel* zur Systemachse gehen, soll *Orthoskopie* vorhanden sein[1]). Wir erkennen hier so recht deutlich, dass die Bedingung der Orthoskopie, soweit sie sich auf die punktweise Vereinigung der Hauptstrahlen bezieht, der Forderung nach grosser Lichtstärke widerstreitet. Denn es wird im Allgemeinen ein System, welches für den Brennpunkt und seinen unendlich fernen Bildpunkt aberrationsfrei gemacht ist, nicht auch die von den *Objekt*-Punkten ausgehenden Strahlenbüschel punktweise vereinigen, wenigstens nicht bei grossem Oeffnungsverhältniss des Systems.

Die bikonvexe Linse kann weder für den Blendenort, noch den Ort des Objektes sphärisch korrigirt werden. Ist die Grösse der Blende maassgebend für die Vereinigung der abbildenden Strahlenbüschel, so ist die Lage des Objektes einerseits und der Blende andrerseits entscheidend für die Vereinigung der Hauptstrahlen.

Wie eine Verschiebung der Blende längs der Achse erkennen lässt, wird mit der Annäherung an die Linse das Sehfeld grösser, bei *gleichem* angulären Sehfeld aber das von den äussersten Hauptstrahlen benutzte Oeffnungsverhältniss (ag/mS) immer kleiner, und zwar nimmt dasselbe in weit stärkerem Maasse ab, als der Blendenabstand. Hand in Hand damit geht die bessere Vereinigung der *wirksamen* Hauptstrahlen, in Folge dessen wiederum die Verzerrung geringer wird. Aber selbst wenn die Blende die Linse berührt, muss, zumal bei beträchtlicher Dicke, eine Verzerrung eintreten[2]).

Rückt die Blende jenseits der Linse in den Bildraum hinein, sodass sie zur *Hinterblende* wird, dann wechselt die Verzerrung ihr Vorzeichen und wird *positiv*. Die

[1]) Ein solches System heisst nach Abbe ein „nach der Bildseite telezentrisches" und ist besonders geeignet für mikrometrische Messungen, da die Bildgrösse unabhängig von der ungenauen Einstellung ist (vgl. *Sitz.-Ber. Jenaer Ges. f. Med. u. Naturw. 1878;* s. auch S. Czapski. *A. a. O. S. 165.*).

[2]) Liegen die Hauptpunkte nicht auf einer zur Achse senkrechten Ebene, so kann nur eine Rechnung lehren, in wie weit etwa die sphärische Aberration der Hauptstrahlen den ersteren Fehler kompensirt.

Vergrösserung wächst nach dem Rande des Sehfeldes zu und das Liniennetz (Fig. 7a) wird gemäss Fig. 7c (*S. 219*) abgebildet.

Soll in diesem Falle das System orthoskopisch sein, so müssen die wirksamen Hauptstrahlen alle nach dem Bildpunkt des Blendenortes zielen bezw. von ihm herzukommen scheinen, je nachdem das Bild des Blendenortes hinter oder vor dem Objekt gelegen ist. Unser Resultat lautet demnach ganz allgemein, gleichviel ob das System mit Vorder- oder Hinterblende gebraucht wird: damit ein System orthoskopisch ist und ein beliebig gelegenes Objekt ähnlich abbildet, muss dasselbe erstens frei sein von sphärischer Aberration in Bezug auf den Ort der wirksamen Blende und das Bild desselben, und zweitens müssen die Hauptpunkte aller wirksamen Hauptstrahlen auf einer zur Systemachse senkrechten Ebene liegen oder, was dasselbe ist, es muss die *Tangentenbedingung* erfüllt sein.

Man unterscheidet einfache Systeme und zusammengesetzte. Bei den ersteren liegt die Blende ausserhalb des Systems, die zusammengesetzten bestehen meist aus zwei Einzelsystemen *I* und *II* (Fig. 8), *zwischen* denen die Blende gelegen ist. Je nachdem die zusammengesetzten Systeme aus zwei gleichen oder ungleichen Theilsystemen kombinirt sind, nennt man dieselben symmetrische oder unsymmetrische. Die zur Blendenmitte genau symmetrischen Objektive, wie die *Aplanate*, wollen wir als „*Doppelobjektive*“ bezeichnen.

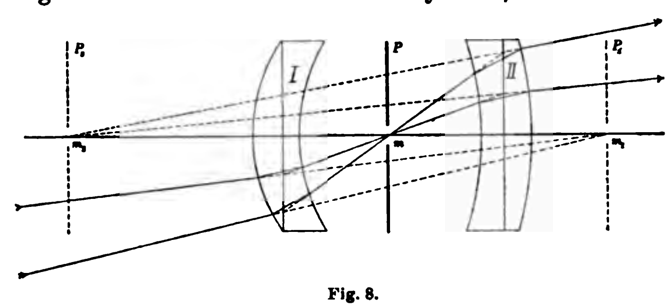


Fig. 8.

Wir wollen annehmen, ein beliebig zusammengesetztes System entwerfe von einem zur Achse senkrechten *ebenen* Objekt wieder ein zur Achse senkrechtes *ebenes* Bild und analog wie bei dem vorher betrachteten einfachen System die Bedingung dafür aufsuchen, dass die Abbildung eine *winkelgetreue* und *ähnliche* ist. Zunächst betrachten wir uns den Gang der Hauptstrahlen bei einer gewissen Lage der faktischen Blende *P*.

Zu diesem Zwecke konstruiren wir nach dem Vorgange von E. Abbe die maassgebenden, den Strahlengang im Objekt- wie Bildraum begrenzenden Blenden. Wo auch die faktische Blende eines Systems gelegen ist, stets lässt sich zeigen, dass die abbildenden Strahlenbüschel im Objektraume von einer Blende begrenzt werden, deren Bild in Bezug auf das System die Strahlenbüschel im Bildraume begrenzt. Die wirksame Blende im Objektraume heisst nach Abbe die *Eintrittspupille*, diejenige im Bildraume die *Austrittspupille*. Liegt, wie bei den hier zu betrachtenden zusammengesetzten Systemen, die körperliche Blende *P zwischen* zwei Theilsystemen *I* und *II*, so fungirt als Eintrittspupille nothwendig dasjenige Bild (P_1), welches das Einzelsystem *I* von der Blende *P* entwirft, und als Austrittspupille dasjenige Bild (P_2), welches das Einzelsystem *II* von *P* entwirft. Die in Bezug auf das Gesammtsystem $I + II$ konjugirten Oeffnungen P_1 und P_2 sind demnach für den Strahlengang als Begrenzungen maassgebend. Sie ersetzen in ihrer Wirkung vollkommen die körperliche Blende *P*. Sind P_1 und P_2 reelle Bilder von *P*, so können wir uns letztere ganz fort und P_1 sowohl als P_2 durch körperliche Blenden ersetzt denken.

Der grösseren Anschaulichkeit wegen betrachten wir auch hier die Blende als sehr klein. Es reduziren sich dann die abbildenden Strahlenbüschel nahe auf ihre

Hauptstrahlen und diese schneiden sich alle in *einem* Punkte, dem Mittelpunkte *m* der Blende *P*.

Soll das Gesammtsystem $I + II$ orthoskopisch sein und von einem beliebig gelegenen Objekt ein ähnliches Abbild erzeugen, so müssen auch hier die konjugirten zur Achse senkrechten Ebenenpaare von dem Hauptstrahlenbüschel im Objekt- und Bildraum in ähnlichen Figuren geschnitten werden. Dies ist bei einem beliebigen System nur der Fall, wenn sowohl die Hauptstrahlen im Objektraum als auch im Bildraume durch *einen gemeinsamen* Punkt der Achse gehen oder bei genügender Verlängerung sich in *einem* Punkte treffen und wenn andererseits die Hauptpunkte der schiefen Büschel sowohl in Bezug auf das vordere Einzelsystem (*I*) wie das hintere (*II*) auf einer zur Achse senkrechten Ebene liegen (vgl. Fig. 8). Ist letztere Bedingung von selbst erfüllt, so lautet die einzige Forderung für eine perspektivische ähnliche Abbildung: *Das Gesammtsystem muss in Bezug auf den Ort der Ein- und Austrittspupille frei von sphärischer Abweichung sein.*

Die Doppelobjektive zeichnen sich vor dem unsymmetrischen zusammengesetzten Systeme dadurch aus, dass bei ihnen der Gang der Hauptstrahlen zur Blendenmitte vollständig *symmetrisch* verläuft. Gleichviel wie die sich faktisch im Blendenmittelpunkt kreuzenden Hauptstrahlen *vor* dem Vordersystem verlaufen, die ihnen konjugirten Hauptstrahlen treten aus dem Hintersystem *parallel* zur Einfallsrichtung aus. Dies bleibt bestehen, auch wenn dafür gesorgt ist, dass die eintretenden Hauptstrahlen alle nach *einem und demselben* Punkte (dem zu *m* in Bezug auf *I* konjugirten Mittelpunkte (m_1) der Eintrittspupille P_1) zielen, d. h. wenn das Vordersystem *I* in Bezug auf den Ort der Blende und sein Bild frei von sphärischer Aberration ist. Infolge der Symmetrie scheinen dann auch die aus *II* austretenden Hauptstrahlen alle von einem einzigen Punkte zu kommen, dem Bildpunkte von *m* in Bezug auf das Hintersystem *II*. Schneiden sich aber die eintretenden Hauptstrahlen in einem einzigen Punkte, die austretenden in wieder einem einzigen Punkte und laufen die konjugirten Hauptstrahlen einander parallel, so schneiden die letzteren aus allen Ebenen senkrecht zur Systemachse ähnliche Figuren aus. Wie auch die Hauptpunkte liegen mögen, stets zeichnet das Doppelobjektiv winkelgetreu und korrekt, sobald es in Bezug auf den Ort der Ein- und Austrittspupille sphärisch korrigirt ist. Beim Doppelobjektiv ist die Aufhebung der sphärischen Abweichung des Systems in Bezug auf die bei der gegebenen Lage der Blende wirksamen Hauptstrahlen die einzige Bedingung für die Orthoskopie bezw. für die perspektivische ähnliche Abbildung oder in anderen Worten, *es muss das System sphärisch in Bezug auf die Ein- und Austrittspupille korrigirt sein*[1]).

Ohne vorläufig weiter auf die Folgerungen hier einzugehen, welche man aus dem bekannten Strahlengang bei einfacheren Doppelobjektiven wie dem *Periskop* etc. in Verbindung mit der abgeleiteten Bedingung ziehen kann, sei nur darauf hingewiesen, dass auch beim zusammengesetzten System die Bedingung der Orthoskopie mit der

[1]) Als ich vor bald Jahresfrist zur Aufstellung dieser Bedingung für die orthoskopische Abbildung gelangte, bat ich meinen Freund, Herrn Dr. P. Rudolph in Jena, gütigst nachrechnen zu lassen, inwieweit die vorhandenen Objektive, *welche man allgemein als orthoskopisch* bezeichnet, in Bezug auf die Ein- und Austrittspupille sphärisch korrigirt seien. Einige diesbezügliche Durchrechnungen lehrten, dass die meisten zusammengesetzten Systeme dieser Bedingung *nicht* gehorchen. Ich verfolgte daher die Konsequenzen jener Bedingung nicht weiter und trat derselben erst wieder näher, als mir Herr Dr. Rudolph vor kurzem mittheilte, dass die sogen. „notorisch verzeichnungsfreien" unsymmetrischen und symmetrischen Systeme nicht entfernt frei von Verzeichnung sind, wenigstens nicht für jede beliebige Entfernung des Objektes. Es drängt mich, Hrn. Dr. Rudolph auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die mancherlei mir ertheilten Rathschläge und Auskünfte.

Forderung nach grosser Lichtstärke in gewissem Widerspruch steht. Im Allgemeinen wenigstens dürfte schwerlich ein System ohne Weiteres gleichzeitig für die Ein- und Austrittspupille und für den Ort des relativ entfernten Objektes und dessen Bild, wenigstens bei grossem Oeffnungsverhältniss, frei von sphärischer Korrektion sein[1]).

Das aus zwei Linsen bestehende achromatisch und sphärisch korrigirte System.

A. Altachromat.

Ein bedeutender Fortschritt wurde durch Dollond im Jahre 1752 auf dem ganzen Gebiete der praktischen Optik erzielt, indem es ihm gelang, durch Verbindung zweier Linsen aus verschieden wirkendem Glase die *Farbenzerstreuung aufzuheben*, ohne die Strahlenkonzentration zu vernichten. Soweit es sich um das erste Glied der sphärischen Abweichung, d. h. um den Seidel'schen Abbildungsfehler S_1 und das erste Glied der Chromasie der Vereinigungsweiten handelt[2]), lässt sich mittels zweier Linsen von verschiedenem Material eine *vollständige Beseitigung* beider Fehler erzielen. Diese achromatisch und zugleich sphärisch korrigirten Doppellinsen wollen wir fortan als *Achromate* bezeichnen. Wird die chromatische Abweichung durch die *Wahl* der Gläser (von verschiedener Dispersion) beseitigt, so die sphärische durch die *Gestalt* der Linsen. Der Weg zur Lösung beruht auf dem *Prinzipe der Kompensation*, welches wir noch mehrfach kennen lernen werden als das Hauptmittel zur Erreichung möglichst vollkommener Bilder durch zusammengesetzte Systeme. Wählt man zwei Linsen von richtiger Gestalt aus geeigneten Substanzen, von denen die eine parallele Strahlen konvergent, die andere divergent macht, so kompensirt sich die positive chromatische und sphärische Aberration der ersten Linse gegen die gleich grosse negative chromatische und sphärische der anderen, *ohne aber die Konvergenz des Büschels ganz aufzuheben,* wie es sein würde, wenn beide Linsen aus gleichem Glase gemacht wären. Man erhält so also einen *Achromaten*, bei welchem die sphärische und chromatische Aberration gleich Null, die *Brennweite* aber endlich ist.

Zur Kompensation der sphärischen und chromatischen Aberration bei gleichzeitiger Einhaltung einer vorgeschriebenen Brennweite sind nur *drei* Elemente nothwendig, als welche wir *drei Radien* der vier Linsenflächen wählen wollen. Da wir mit vier Radien aber vier Bedingungen genügen können, so werde zunächst gefordert, dass die sich berührenden Flächen gleichgrossen Radius erhalten, damit beide Linsen *verkittet* werden können. Die Dicke der Gläser ist hierbei noch willkürlich; sie sei relativ klein[3]).

Zur Kompensation der sphärischen und chromatischen Aberration und Herstellung einer bestimmten Brennweite sind also nur zwei mit einander verkittete, dünne Linsen erforderlich.

[1]) L. Seidel diskutirt die Frage, wann ein System gleichzeitig für verschiedene Objektdistanzen sphärisch korrigirt ist, d. h. wann es der sogen. Herschel'schen Bedingung genügt, und findet, dass letztere der Fraunhofer'schen Bedingung widerspricht. Nur in ganz gewissen Fällen können beide Bedingungen gleichzeitig erfüllt werden; so ist das Fernrohr, als Ganzes gebraucht, ein solch bevorzugter Apparat, bei welchem beiden genannten Bedingungen genügt wird, wenn eine von beiden erfüllt ist (vgl. *Astronom. Nachr.* ***43.*** *S. 326. 1856*).

[2]) In anderen Worten heisst dies, es vereinigt die Objektivmitte zwei verschiedenfarbige Büschel in *einem* Punkte. Sollen auch die höheren Glieder der Chromasie beseitigt sein oder nach Abbe die „chromatische Differenz der sphärischen Aberration“, so müssen *alle* Zonen des Objektivs gleichgrosse Vereinigungsweite für zwei Farben haben.

[3]) Bei grosser Linsendicke kann auch bei zwei *gleichen* Glassorten Achromasie entweder der Brenn- oder Hauptpunkte erreicht werden (vgl. F. Kessler, *Schlömilch's Zeitschr.* ***19.*** *S. 1. 1884*).

Ein solcher *Achromat* entwirft demnach von einem *weissen* Objektpunkte einen *farblosen* Bildpunkt, oder genauer ausgedrückt, ein farbloses *Beugungsscheibchen* von solcher Ausdehnung, wie es dem benutzten Oeffnungsverhältniss zukommt.

Wir wollen mit Petzval annehmen, dass der Achromat, wie zu Daguerre's Zeiten, bei der Oeffnung $f/16$ sphärisch so gut korrigirt sei, dass das Bild noch eine dreifache Vergrösserung vertrage. Dann steht ein solcher verkitteter Achromat dem Petzval'schen Porträtobjektiv nur noch dreimal an Bildschärfe nach, während er schon den neunzehnten Theil der Lichtstärke desselben erreicht. Er übertrifft somit an Schärfe die einfache Sammellinse um das Dreifache, an Lichtstärke um das Vierzigfache. Zu dieser Ueberlegenheit kommt noch der weitere Vorzug hinzu, *frei* vom sogenannten „chemischen Fokus" zu sein.

Verwendet man statt der verkitteten Linsen zwei getrennte Linsen mit vier verschiedenen Radien, so kann man mit Hülfe des vierten Radius noch eine *vierte* Bedingung erfüllen. Als solche ist, zumal bei Abbildung ausgedehnter Objekte, die Fraunhofer'sche Bedingung von Bedeutung[1]), welcher beim berühmt gewordenen Heliometerobjektiv genügt wird. Ausserdem suchte A. Steinheil bei seinen Fernrohrobjektiven auch noch die zweite chromatische Bedingung zu erfüllen, welche verlangt, dass die Hauptbrennweite für *zwei* Farben gleiche Grösse besitzt[2]).

Im Allgemeinen giebt es bei Benutzung der gewöhnlichen Fraunhofer'schen Gläser *zwei* Formen eines verkitteten Achromaten, für welche sowohl die sphärische als auch die chromatische Aberration beseitigt ist[3]). Der ersten gewöhnlichen Form (Fig. 9) bedient man sich als Fernrohrobjektive, da sie bei relativ grossem Oeffnungs-

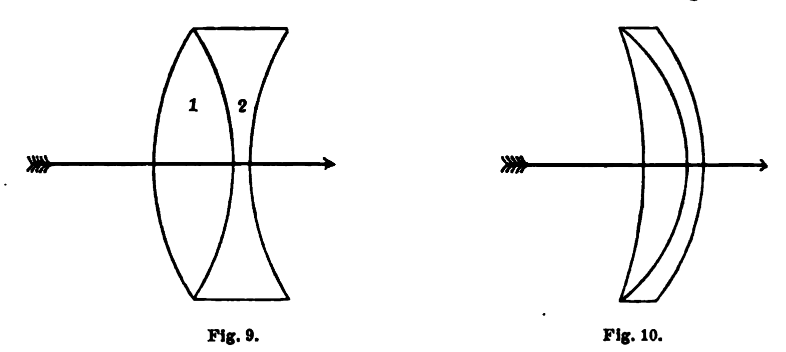


Fig. 9. Fig. 10.

verhältniss noch scharfe Bilder giebt. Weniger scharfe, dafür aber *ausgedehntere* Bilder von gleichmässiger Schärfe erhält man, wenn man das Fernrohrobjektiv umkehrt, sodass die *konkave* Seite dem Lichte zugewandt ist. Die Ausdehnung des scharf gezeichneten Bildes wird noch mehr gesteigert, wenn man als Objektiv ein solches der zweiten Form benutzt und ihm eine *meniskenförmige* Gestalt (Fig. 10) giebt.

---

[1]) Wie schon erwähnt, ist die Fraunhofer'sche Bedingung, d. h. die Seidel'sche Bedingung S_2, identisch mit der Sinusbedingung für relativ kleine Oeffnungswinkel der abbildenden Strahlenbüschel. Bei Fernrohrobjektiven nimmt die Sinusbedingung eine einfache Form an. Sie ist erfüllt, wenn die Hauptpunkte für die verschiedenen achsenparallelen Strahlen auf einem *Kreise* liegen, den man um den gemeinsamen Schnittpunkt derselben (d. h. Brennpunkt) als Zentrum mit der Hauptbrennweite als Radius beschreibt (vgl. A. Steinheil u. E. Voit, Handbuch der prakt. Optik. Leipzig, 1891. *S. 57*).

[2]) Vgl. A. Steinheil, Zur Orientirung über Objektive aus zwei Linsen und ihre Fehler. *Astronom. Nachr.* **109.** *S. 216. 1884.*

[3]) Vgl. Conrad Beck, *The Construction of photographic lenses. Journ. of the Society of Arts. 1. February 1889.*

Daguerre führte im Jahre 1839 seine ersten Aufnahmen mit Hülfe eines solchen Meniskus aus.

Wie bei der einfachen Sammellinse verwendet man auch beim Achromaten eine Vorderblende, um die engsten Einschnürungen der astigmatischen, schiefen Büschel in die Gauss'sche Bildebene zu verlegen, d. h. um das Bild künstlich zu strecken. Neuerdings verwendet man mit Vortheil als Landschaftslinsen statt der einfachen Achromate auch die dreifach und vierfach verkitteten anastigmatischen Objektive, auf welche wir später noch ausführlich zu sprechen kommen. Zum Verständniss gerade dieser anastigmatischen mehrlinsigen Objektive mit geebnetem Bildfelde müssen wir noch genauer den Achromaten in's Auge fassen und zwar speziell mit Berücksichtigung der Glasarten, welche zu seiner Konstruktion Verwendung finden.

In dieser Hinsicht sind zwei Perioden zu unterscheiden, die Fraunhofer'sche und die Abbe'sche. Ehe Abbe und Schott in Jena ihre epochemachenden Versuche zur Herstellung neuer optischer Gläser beendeten, standen der rechnerischen Optik nur Gläser zur Verfügung, bei denen die Grösse der Dispersion mit der Höhe des Brechungsquotienten Hand in Hand ging. Je grösser ihr Brechungsindex war, um so grösser auch deren Dispersion. Diese Eigenschaft der Fraunhofer'schen Gläser bedingt nothwendig, dass die Sammellinse (*1* der Fig. 9) des Achromaten aus einem Glase gefertigt ist, dessen Dispersion kleiner ist wie die des Glases, welches zur Zerstreuungslinse (*2* der Fig. 9) verwendet wird.

Denn bezeichnen wir mit f_1 die Brennweite von Linse *1*, mit f_2 diejenige von *2* und mit F die Gesammtbrennweite des Achromaten, so gilt bekanntlich

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}.$$

Infolge der zerstreuenden Wirkung von Linse *2* müssen wir f_2 *negativ* nehmen und erhalten

$$F = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_2 - f_1}.$$

Hieraus folgt, dass $f_2 > f_1$ sein muss, soll, wie zur reellen Bilderzeugung nothwendig, die Brennweite F des Achromaten positiv sein. Eine Sammellinse von kleinerer Brennweite verbunden mit einer Zerstreuungslinse von grösserer Brennweite giebt aber nur dann scharfe und farbenfreie Bilder, wenn erstere trotz stärkerer Krümmung bezw. Brechkraft nur eine ebenso grosse Kaustik und chromatische Abweichung hervorbringt wie letztere. Da der chromatische Zerstreuungskreis umgekehrt proportional der Brennweite ist, so folgt nothwendig, dass die Sammellinse aus Glas von kleinerer Dispersion zu fertigen ist wie die Zerstreuungslinse, also auch von Glas mit kleinerem Brechungsindex, solange eben nur Gläser zur Verfügung stehen, bei denen die Dispersion mit dem Brechungsvermögen fortschreitet.

Wir wollen den aus diesen älteren, Fraunhofer'schen Gläsern konstruirten zweilinsigen Achromaten bezeichnen mit dem Namen *Altachromat* im Gegensatz zu dem nur mit Hülfe gewisser Jenaer Gläser konstruirbaren Achromaten, welcher *Neuachromat* heissen möge.

B. Neuachromat.

Wir wollen annehmen, ein zweilinsiges Objektiv sei so korrigirt, dass sowohl die Strahlenvereinigung auf der Achse wie ausser der Achse eine punktweise ist. In solchem Falle sind die ersten drei Seidel'schen Abbildungsfehler beseitigt, also $S_1 = 0$, $S_2 = 0$, $S_3 = 0$ und von einem Objekt-*Punkt* entsteht wieder ein Bild-*Punkt*, von einem Objektiv also ein *punktweises*, wenn auch im Allgemeinen *gewölbtes* und *verzerrtes*

Abbild. Tragen nur Seidel'sche Strahlen zur Abbildung bei, so kann man die von einem ebenen Objekt entstehende gekrümmte Bildfläche als *Kugel* ansehen, welche erstere im Scheitel berührt.

Die Bedingung dafür, dass diese Kugel in eine *Ebene* übergeht, lautet nach Seidel $S_4 = 0$ oder, wenn wir die Zeichen dafür einführen,

$$\Sigma \frac{N}{r} = 0, \qquad 1)$$

wo r den Krümmungsradius einer Fläche, N die Differenz der Reziproken der Brechungsindizes der von dieser Fläche getrennten Medien bedeutet und die Summe über alle Flächen auszudehnen ist. Bezeichnen wir die Reziproken mit dem Buchstaben ν, die Brechungsindizes selbst mit n und versehen die Flächen mit geraden, die Medien mit ungeraden Indizes, so lautet die Seidel'sche Bedingung für ein zweilinsiges Objektiv mit vier brechenden Flächen und fünf Medien

$$\frac{\nu_1 - \nu_3}{r_0} + \frac{\nu_3 - \nu_5}{r_2} + \frac{\nu_5 - \nu_7}{r_4} + \frac{\nu_7 - \nu_9}{r_6} = 0,$$

oder für zwei Linsen vom Index n_1 bezw. n_2, umgeben und getrennt von Luft mit dem Brechungsindex 1,

$$\frac{1 - \frac{1}{n_1}}{r_0} + \frac{\frac{1}{n_1} - 1}{r_2} + \frac{1 - \frac{1}{n_2}}{r_4} + \frac{\frac{1}{n_2} - 1}{r_6} = 0,$$

oder

$$\left(\frac{n_1 - 1}{n_1}\right)\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_2}\right) + \left(\frac{n_2 - 1}{n_2}\right)\left(\frac{1}{r_4} - \frac{1}{r_6}\right) = 0. \qquad 2)$$

Wie diese Formel lehrt, hängt die Bedingung für die Bildebenung lediglich von den Brechungsindizes und den Krümmungsradien ab, nicht aber von den Distanzen der verschiedenen brechenden Flächen, der Reihenfolge derselben, noch auch vom Abstand des Objektes. Dabei ist aber wohl zu bedenken, dass bei Veränderung dieser nicht in Betracht kommenden Grössen im Allgemeinen auch die ersten drei Seidel'schen Bedingungen nicht mehr erfüllt sein werden und somit die punktweise Abbildung verloren gehen wird. Dann ist aber gar kein präzises Bild mehr vorhanden, und es kann von Angabe der Krümmung der Bildfläche keine Rede sein. Nur unter der Voraussetzung, dass eine bis zur 5. Ordnung *punktweise* Abbildung vorhanden ist ($S_1 = S_2 = S_3 = 0$), ist die Bedingung für die Bildebenung ($S_4 = 0$) hinreichend und eindeutig.

Die Brennweite f einer unendlich dünnen Linse, deren Flächen die Radien r_1 und r_2 haben, ist bekanntlich

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right). \qquad 3)$$

Betrachten wir demnach die Dicke beider Linsen unseres zweilinsigen Objektivs ebenfalls als sehr gering, so nimmt die Bedingung der Bildebenung folgende einfache Form[1]) an

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{n_1 f_1} + \frac{1}{n_2 f_2} &= 0 \\ \text{oder} \quad n_1 f_1 &= -n_2 f_2 \end{aligned}\right\} \qquad 4)$$

[1]) In dieser Form hatte Petzval schon im Jahre 1843 die Bedingung der Bildebenung ausgesprochen, ohne aber die zu ihrer Gültigkeit nothwendigen Vorbedingungen zu geben, deren Kenntniss wir erst Seidel verdanken. Auf eine einfache Kugellinse angewandt, hat Formel 4) gar keine Bedeutung. Bei der geringen Beachtung, welche die Seidel'sche Abbildungslehre bis in die neueste Zeit gefunden hat, kann es daher nicht Wunder nehmen, wenn die Richtigkeit der Petzval'schen Formel angezweifelt und ihre Bedeutung unterschätzt worden ist.

Diese Gleichung sagt uns, dass erstens f_1 und f_2 *verschiedene* Vorzeichen haben müssen und dass die Linse von kleinerer Brennweite aus Glas von grösserem Brechungsindex bestehen muss. Führen wir dieselbe ein in die Formel für die Gesammtbrennweite F des aus den beiden Linsen f_1 und f_2 gebildeten Objektivs, welche lautete

$$F = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2},$$

so erhalten wir

$$F = \frac{n_1 f_1}{n_1 - n_2}, \qquad 5)$$

welche Gleichung wir näher diskutiren wollen.

Zunächst erkennt man, dass für $n_1 = n_2$ die Brennweite F gleich unendlich wird. Zwei Linsen aus *gleichem* Glase geben also nur dann ein *geebnetes* Bildfeld, wenn sie zusammen wie eine planparallele Platte wirken[1]). Für $n_1 = n_2$ ist laut Gleichung 4) eben $f_1 = -f_2$.

Interessanter gestaltet sich die Diskussion für den Fall, dass $n_1 \gtrless n_2$ ist, d. h. dass die beiden Linsen aus *verschieden brechender* Substanz gefertigt werden, wie beim Achromaten.

Bei dem in Fig. 9 dargestellten Objektiv ist f_1 positiv und f_2 negativ. Soll dasselbe bei Verwendung Fraunhofer'scher Gläser achromatisch sein und eine reelle Brennweite F haben, so muss nothwendig $f_2 > f_1$ und demnach auch $n_2 > n_1$ sein. Die Bedingung der Bildebenung (Formel 4)) verlangt aber für $f_2 > f_1$ nothwendig, dass $n_1 > n_2$ wird, da nur dann die Gesammtbrennweite laut Formel 5) positiv wird. Nimmt man aber zur Sammellinse (f_1) Glas von *höherem* Brechungsvermögen als zur Zerstreuungslinse (f_2), so kann man nur dann Achromasie erzielen, wenn dem Glas von *höherem* Index eine *geringere* Dispersion zukommt, wie dem Glas von *niedrigerem* Brechungsindex.

Die ausser der Achromasie gleichzeitig geforderte Bildebenung beim zweilinsigen Objektiv enthält also die weitere Forderung nach Glassorten, bei denen *hohe* Brechkraft mit *geringer* Dispersion bezw. *niedrige* Brechkraft mit *hoher* Dispersion gepaart ist. Solche Gläser stehen der praktischen Optik erst seit der bedeutsamen Schöpfung des Glastechnischen Laboratoriums von Schott & Gen. in Jena zur Verfügung. Stets gesellte sich bei den älteren, Fraunhofer'schen Gläsern zum höheren Brechungsindex auch die stärkere Dispersion. Bei dem aus diesen älteren Gläsern gefertigten, zweilinsigen Objektiv ist die Herstellung der Bildebenung somit unmöglich, da sie der viel wichtigeren Bedingung der Achromasie widerspricht.

Anders bei den neuen Jenaer Gläsern, von denen namentlich die Baryumsilikatgläser es sind, welche im Vergleich zum gewöhnlichen Crownglase einen höheren Brechungsindex, dabei aber geringeres Zerstreuungsvermögen besitzen. Bildet man aus ihnen die Sammellinse und aus den gewöhnlichen Crowngläsern mit niedrigerem Index, aber höherer Dispersion die negative Linse, so erhält man bei geeigneter Wahl der Brennweiten eine, wenn auch nicht vollständige, so doch beträchtliche Bildebenung.

Wählen wir z. B. folgende Gläser

Baryumsilikat:	$n_D = 1{,}6112$	$n_{F-C} = 0{,}01747$,
Natronbleiglas:	$n_D = 1{,}5205$	$n_{F-C} = 0{,}01956$,

so erhalten wir für die Brennweite des achromatischen Objektivs mit *geebnetem* Bildfelde

[1]) *Astronom. Nachr.* **43.** *S. 323. 1856.*

$$F = \frac{n_1 f_1}{n_1 - n_2} = 18 f_1,$$

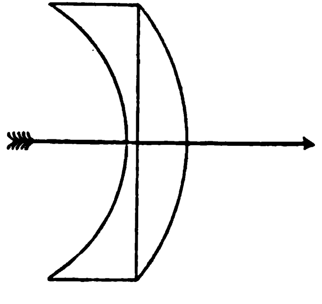
also es bleibt eine *positive* Brennweite bestehen.

Je höher übrigens der Brechungsindex n_1 der Sammellinse genommen werden kann, ohne dass die Möglichkeit der Achromasie verloren geht, um so kleiner wird die positive Brennweite der Kombination bei vollkommener Ebenheit des Bildes. Für Diamant vom Index $n_1 = 2,4$ würde bei Verwendung von gewöhnlichem Flint $n_2 = 1,6$ die Brennweite $F = 3 f_1$ werden.

Schon Petzval hat bei der Diskussion der möglichen Bildebenung auf die bildebnende Eigenschaft des Diamanten hingewiesen, ohne aber ausdrücklich die Schwierigkeiten hervorzuheben, welche der Achromatisirung der positiven Diamantlinse durch eine negative Linse entgegenstehen. Dagegen hebt L. Seidel hervor, dass die Forderung der Achromasie derjenigen der Bildebenung widerspricht[1]).

Seitdem man mittels der Jenaer Gläser solche zur Bildebenung nothwendigen anomalen Gläser besitzt, sind sogleich auch aus ihnen Achromate hergestellt worden, bei denen die Sammesllinse höheren Index und niedrigere Dispersion besitzt, als die negative Linse.

Wie oben erwähnt, bezeichnen wir die aus *anomalen* Jenaer Glaspaaren hergestellten Achromate als „Neuachromate“. Der *verkittete*, zweilinsige Neuachromat lässt sich sphärisch nicht so gut korrigiren wie der Altachromat. Entsprechend kommt ihm, wie wir zeigen werden, erst *in Verbindung mit dem Altachromaten* die Hauptbedeutung zu. Jedenfalls aber werde unter dem Neuachromaten ein Objektiv verstanden, bei welchem die disponiblen Elemente ausser zur Einhaltung der vorgeschriebenen Brennweite lediglich zur bestmöglichen Beseitigung der chromatischen und sphärischen Aberration Verwendung finden sollen. Auch werde festgehalten, dass nicht etwa die Reihenfolge der Gläser entscheidet, sondern lediglich die Frage, ob die Sammellinse aus Glas von höherem Index bei niedrigerer Dispersion besteht, wie die Zerstreuungslinse, oder aus Glas von sowohl niedrigerem Index als auch niedrigerer Dispersion. Das Glied der von Dr. H. Schröder herrührenden *Concentric lens* (Fig. 11) ist wohl das erste aus anomalen Glaspaaren hergestellte zweilinsige Objektiv gewesen, welches aber schon in Folge der Form eine beträchtliche sphärische Aberration besitzt, die ohnedies beim Neuachromaten nicht vollkommen zu beseitigen ist. Auch im später zu besprechenden Gruppen-Antiplanet von C. A. Steinheil besteht das eine Glied aus anomalen Glaspaaren; dasselbe ist aber hyperchromatisch[2]) und zwar zu dem Zwecke, um die beiden Glieder des Antiplaneten mit möglichst starken entgegengesetzten Fehlern zu versehen.


Fig. 11.

Die Linsendistanz als Mittel zur künstlichen Streckung des Bildes.

Die Seidel-Petzval'sche Formel für den Krümmungsradius im Scheitel des Bildes hat, wie schon erwähnt, nur dann eine Bedeutung, wenn eine *punktweise* Abbildung bis zu den Gliedern 5. Ordnung vorhanden ist. Um deren Richtigkeit zu

[1]) L. Seidel, *a. a. O.*

[2]) Also noch mehr chromatisch als die äquivalente einfache Linse.

erproben, darf man dieselbe also nicht auf Systeme anwenden, welche höchstens die Gauss'sche Abbildung verwirklichen[1]). Die in der Seidel-Petzval'schen Gleichung *nicht* enthaltenen Grössen, z. B. der Abstand des Objektes vom System und die Distanz der Linsen unter einander, werden von grossem Einfluss auf die Bildkrümmung, wenn mit deren Aenderung auch eine Aenderung der Strahlenkonzentration eintritt.

Als Beispiel wählen wir nach Schröder's Vorgang den Fall, wo zwei plankonvexe Linsen *1* und *2* (Fig. 12) einmal sehr nahe (a), das andere Mal von einander weit entfernt (b) als System benutzt werden. Ist das Bild im ersten Falle stark gekrümmt, so wird dasselbe immer „ebener", *je weiter man die Linsen von einander trennt.* Dass das Bild bei Berührung der Linsen gekrümmt ist, darf nicht Wunder nehmen, da die beiden Linsen doch nur wie eine einzige von äquivalenter Brennweite wirken, wenn auch die verschiedenen Fehler wegen der Vertheilung der Strahlenkonvergenz auf zwei Linsen geringer sind, als bei der einfachen, stark gekrümmten Linse. Jedem Punkte entspricht also auch hier noch eine kaustische Kurve, sodass bei geeigneter Abblendung eine *künstliche Bildstreckung* erzielt werden kann. Diese Abblendung wird nun bewirkt durch die *Trennung* beider Linsen (Fig. 12b). Hier wirkt die erste Linse gleichsam als *Blende* in Bezug auf die schiefen Büschel, sodass von diesen nur ein Theil zur Wirksamkeit kommt; dabei durchsetzt ausserdem jedes wirksame Partialbüschel beide Linsen in umgekehrter Weise, insofern es die entgegengesetzten Seiten beider Linsen benutzt. Die durch die Trennung beider Linsen verursachte Bild-*Streckung* ist nicht zu vergleichen mit der Bild-*Ebenung*, hervorgerufen durch die geeignete Wahl der Glassorten, wie beim Neuachromaten. Letztere ist eine wirkliche *Korrektion* bei Benutzung der vollen Oeffnung im Vergleich wenigstens zu einem Altachromaten gleicher Oeffnung. Die künstliche, durch Blenden bewirkte Bildstreckung wird erreicht *auf Kosten der Lichtstärke*, zumal der schiefen Büschel, und kommt dadurch zu Stande, dass man nicht den Strahlengang des Büschels ändert, sondern nur eine geeignete Auswahl unter den vielen Partialbüscheln desselben trifft.

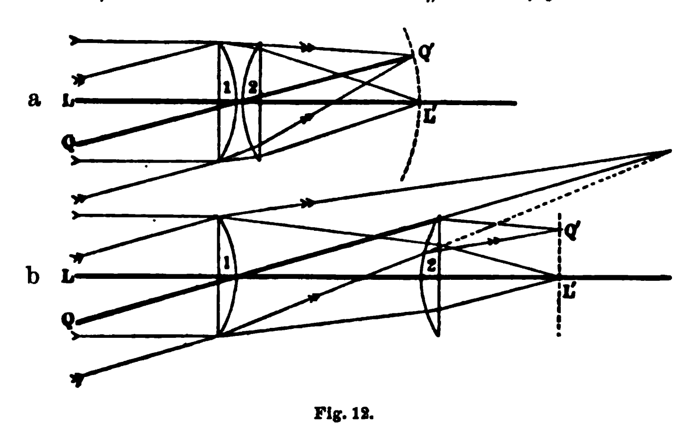


Fig. 12.

Auf dem gleichen Prinzip beruhende Fehlerkorrektionen werden wir bei den symmetrischen Doppelobjektiven kennen lernen.

Unsymmetrische zweigliedrige Objektive.

Das Petzval'sche Porträtobjektiv von v. Voigtländer. Der Umstand, dass noch heutigen Tages das von Petzval im Jahre 1840 berechnete Porträtobjektiv fast in derselben Form gebräuchlich und als solches kaum übertroffen ist, lehrt recht deutlich, dass in der optischen Kunst vor Allem die richtig angewandte Theorie zum Ziele führt. In der Zeit, da die Photographie aufkam, und Draper in New-York 1840 das erste Porträt einer lebenden Person bei einer Expositionszeit von 10 bis 20 Mi-

[1]) S. Dr. H. Schröder, Die Elemente der photographischen Optik. Berlin, R. Oppenheim, 1891.

nuten erhielt, war es der lebhafte Wunsch aller Betheiligten, ein *lichtstarkes* Objektiv zu besitzen, welches die Zeit der Exposition verminderte. Petzval in Wien und Chevalier in Paris suchten, unabhängig von einander, dieses Ziel zu erreichen, indem sie aus mehreren Gliedern *zusammengesetzte* Linsenkombinationen konstruirten. Schon im Jahre 1841 trat Voigtländer in Wien mit dem ersten Objektiv nach Petzval's Berechnungen an die Oeffentlichkeit, welches wesentlich dazu beitrug, die Photographie populär zu machen.

Bei diesem in Fig. 13 abgebildeten Objektiv ist alles dem Zwecke geopfert worden, bei einem grossen Oeffnungsverhältniss von nahe $f/3$ ein Bild eines Achsenpunktes zu erhalten, welches frei ist von chromatischer und vor Allem von *sphärischer Aberration höherer Ordnung.* Trotz der hohen Lichtstärke sollte die Bildmitte noch eine mehrmalige Vergrösserung vertragen.

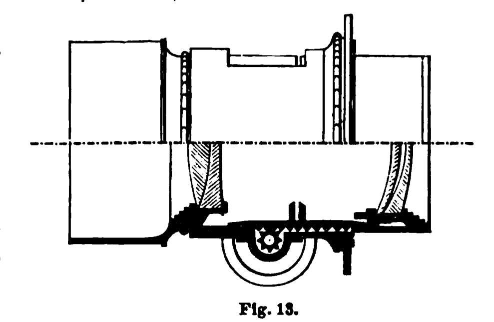


Fig. 13.

Hat man zur Beseitigung des ersten Gliedes der sphärischen Aberration nur einen disponiblen Radius nöthig, so sind zur Beseitigung von fünf Gliedern, wie beim Petzval'schen Objektiv, auch fünf Bedingungen zu erfüllen. Wollte man diesen Bedingungen dadurch genügen, dass man beliebig viele Linsen *ohne Distanz* aneinanderfügt, wodurch thatsächlich die sphärische Abweichung bis zu einer beliebig hohen Ordnung beseitigt wird, so würden andere Fehler *erster* Ordnung auftreten, welche nur dann zum Verschwinden zu bringen sind, falls das System wie eine planparallele Platte wirkt. Man muss demnach die Linsen von einander *trennen* und demgemäss wiederum die getrennten Theile des Systems jedes für sich achromatisiren, um *stabilen* Achromatismus zu erreichen[1]). Zu den fünf sphärischen und zwei achromatischen Bedingungen kommt noch die für Einhaltung der gewünschten Brennweite. Diesen acht Bedingungen wurde beim Petzval'schen Porträtobjektiv durch sieben Linsenradien und eine Entfernung genügt. Um dies zu erreichen, nützt alles Probiren nichts, es muss rechnerisch zu Werke gegangen werden, wie es Petzval gethan.

Das von Voigtländer ausgeführte Petzval'sche Objektiv vertrug unter günstigen Umständen eine 10-fache Vergrösserung und besass eine 16-mal so grosse Lichtstärke, als der von Daguerre benutzte Achromat. Diese grosse Errungenschaft war aber mit verhältnissmässigen Opfern bezahlt worden, welche das zur Aufnahme von Porträts sehr geeignete Objektiv für andere Zwecke (Gruppen und Landschaftaufnahme) ungeeignet machten. Alle Elemente waren zur Korrektion allein der Bildmitte verwendet; als Folge davon zeigte das Bild ausser der Achse die Fehler schiefer Büschel. Die Verwendung von zwei weit getrennten Systemen hat andererseits ein beschränktes Gesichtsfeld mit nach dem Rande zu abnehmender Intensität zur Folge, während in Folge von sechs Glasflächen gegen Luft eine grosse Anzahl von Spiegelbildern auftritt, sodass die Brillanz des Bildes keine so grosse ist, wie beim Landschaftsachromaten.

Antiplanet von A. Steinheil[2]). Zur Beseitigung der Uebelstände, welche den älteren, mit grosser Oeffnung arbeitenden Systemen mehr oder weniger anhaften, dass in Folge von Astigmatismus die Schärfe von der Mitte zum Rande relativ schnell abnimmt, konstruirte Steinheil im Jahre 1881 seinen *Antiplanet* (Fig. 14).

[1]) Achromasie des Bildortes und der Brennweite.

[2]) Der Antiplanet, D.R.P. Nr. 16354 von Jahre 1881.

Auf Grund umfangreicher Rechnungen hatte Dr. Adolph Steinheil sich das Urtheil gebildet, dass das Bild an Schärfe um so gleichmässiger ist, *je ungleicher die Gesammtleistung des Objektivs in die beiden Glieder desselben vertheilt ist.* Demgemäss besitzen die beiden Glieder[1]) I und II *entgegengesetzte* Fehler von *absichtlich* hohem Betrage, und während die Brennweite von I positiv, aber kleiner als die Gesammtbrennweite ist, besitzt II eine negative Brennweite von genügender Länge. Ist Theil I mit den Fehlern einer einfachen Sammellinse behaftet, so besitzt Theil II die Fehler einer einfachen Zerstreuungslinse. Auf diese Weise ist innerhalb eines gewissen Gesichtsfeldes der *Astigmatismus zugleich mit der Bildwölbung verringert*, dafür nimmt aber die Unschärfe über dieses Feld hinaus rasch zu, sodass von einer gewissen Grenze an auch bei starker Abblendung kein scharfes Bild erhalten wird.

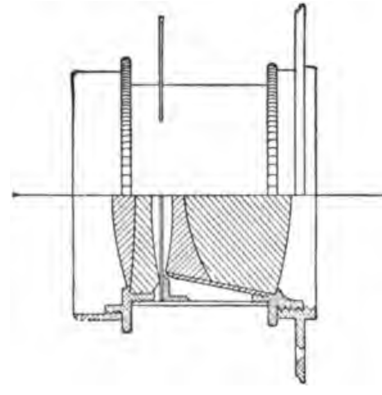


Fig. 14.

Erst durch Benutzung der neuen Jenaer Gläser konnten die in den folgenden Abschnitten zu besprechenden Objektive konstruirt werden, welche ein von Astigmatismus *freies* und dabei *ebenes* Bild liefern.

Zeiss-Anastigmat von P. Rudolph[2]). Die vom Antiplaneten erstrebte anastigmatische Bildebenung wurde erreicht durch das von Dr. Rudolph in Jena aufgestellte „*Prinzip der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsquotienten*“ in den beiden Gliedern des zusammengesetzten unsymmetrischen Objektivs. Hatte Steinheil durch absichtlich hohe, aber entgegengesetzte Fehler in den beiden Gliedern schon eine Reduktion der Anomalien schiefer Büschel erreicht, so konnte P. Rudolph dieselben thatsächlich beseitigen, indem er ein aus *normalen* Glaspaaren gebildetes, chromatisch und sphärisch korrigirtes Glied mit einem aus *anomalen* Glaspaaren gebildeten, chromatisch und sphärisch annähernd korrigirten Gliede verband oder, wie wir gemäss unserer neu eingeführten Definition einfach sagen können, *indem er einen Neuachromaten mit einem Altachromaten kombinirte.* Durch Kombination zweier Achromaten, von denen jeder nahe sphärisch und chromatisch korrigirt ist, kann aber nur dann der Astigmatismus gehoben werden, wenn die durch den einen Achromaten erzeugte astigmatische Aberration *entgegengesetztes* Vorzeichen hat gegenüber der vom anderen Achromaten hervorgerufenen astigmatischen Abweichung. Es lässt sich nun zeigen, dass in der That ein *Neuachromat* in Folge seiner *positiv* oder *sammelnd* wirkenden *Kittfläche* eine astigmatische Abweichung von entgegengesetztem Vorzeichen hervorruft, wie der Altachromat mit seiner *negativen* oder gleich einer *zerstreuenden* Linse wirkenden Kittfläche. In dieser *Gegensätzlichkeit der beiden Kittflächen* liegt die Bedeutung der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsquotienten in den beiden Gliedern des Zeiss'schen Anastigmaten für die Beseitigung des Astigmatismus; dabei bietet der Neuachromat

[1]) Fortan wollen wir bei allen aus zwei *getrennten* Gliedern bestehenden Objektiven das Vorderglied mit I, das Hinterglied mit II bezeichnen.

[2]) D.R.P. Nr. 56109; *Engl. Patentschrift, 24. Mai 1890, Nr. 6028*; *The British Journ. of Photography 1890. S. 443.* Vogel's *Photogr. Mitthlgn.* **27.** *S. 84.* Carl Zeiss, Optische Werkstätte, Provis. Preislisten von 1890 und Katalog von 1891. Dr. Rudolph, Ueber den Astigmatismus photogr. Linsen. Eder's *Jahrb. f. Photogr. 1891. S. 225* und *1893. S. 221.* Derselbe, Die Zeiss-Anastigmate *Photogr. Wochenblatt 1892. Nr. 18 bis 21.* Derselbe, Die Zeiss-Anastigmate und deren Verwendbarkeit, Vortrag, gehalten im Verein zur Pflege der Photographie und verwandter Gebiete zu Frankfurt a. M. 1893. *Phot. Korr. 1893. S. 512.*

zugleich ein Mittel, die Bildwölbung zu korrigiren. Verbindet man also, wie beim Zeiss'schen Anastigmat (Fig. 15), einen Neuachromaten I mit einem Altachromaten II von geeigneter Konstruktion, so lässt sich eine nahe vollkommene Aufhebung des Astigmatismus schiefer Büschel unbeschadet der Ebenung eines grossen Bildfeldes erreichen. Auch bei relativ beträchtlichem Oeffnungsverhältniss wird beim Zeiss'schen Anastigmaten eine ungewöhnliche Gleichförmigkeit der Bildschärfe innerhalb eines grossen Bildwinkels erreicht.

Jedes Glied des Anastigmaten ist für sich nur nahezu vollständig achromatisirt; wohl aber ist das Gesammtsystem sowohl frei von „chemischem Fokus", als auch von der chromatischen Vergrösserungsdifferenz.

Der in Fig. 15 abgebildete Anastigmat ist ein *lichtstarkes* Weitwinkelobjektiv mit grösster Oeffnung *f*/9. Der in Fig. 16 abgebildete Anastigmat dient als *lichtstarkes Momentobjektiv;* er besteht aus einer zweifachen Front-, aber einer *dreifachen* Hinterlinse, natürlich unter Wahrung der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsindizes in

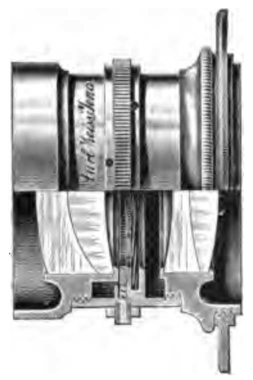


Fig. 15.

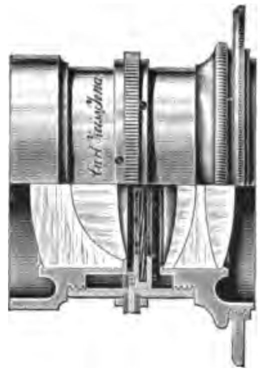


Fig. 16.



Fig. 17.

beiden Gliedern. Nur um bei grossem Oeffnungsverhältniss noch die sphärische Aberration *höherer* Ordnung beseitigen zu können, dient die fünfte Linse. Eine dritte Serie stellen eigentliche *Weitwinkel*-Systeme vor.

Auf die vor P. Rudolph schon von H. Schröder und A. Miethe gemachten Versuche, mittels Benutzung von *anomalen* Gläsern Anastigmate herzustellen, kommen wir später zu sprechen, da dieselben den *symmetrisch* zur Blende angeordneten *Doppelobjektiven* zugehören, also aus *zwei identischen* Neuachromaten bestehen.

Aus drei und vier Linsen verkittete Einzelobjektive mit anastigmatischer Bildebenung. Nachdem durch P. Rudolph das Prinzip festgelegt und erprobt war, nach welchem ein Objektiv gebaut werden musste, damit es ein zugleich ebenes und anastigmatisches Bild liefert, nämlich dass es in unserer Ausdrucksweise *aus einem Neu- und Altachromaten zusammengesetzt sei, von denen die eine Kittfläche eine sammelnde, die andere eine zerstreuende Wirkung besitzt,* lag es nahe, auch *einfache* Objektive mit anastigmatischer Bildebenung zu konstruiren.

Denkt man sich den Zeiss-Anastigmat (Fig. 15) so konstruirt, dass die äussere Fläche des zweiten Gliedes (Neuachromat) dieselbe *absolute* Krümmung hat, wie die äussere Fläche des ersten Gliedes (Altachromat), dreht das eine von beiden Gliedern um und kittet beide Glieder zusammen, so erhält man das im Jahre 1894 von Rudolph konstruirte und von C. Zeiss unter dem Namen „*Anastigmatlinse* $^1/_{12,5}$" in den Handel gebrachte anastigmatische Einzelobjektiv[1]) (Fig. 17), welches bei grosser Lichtstärke

[1]) Paul Rudolph, *Improvements in and relating to Photographic Objectives Nr. 19509.* Jena,

und guter Schärfe eine nach Rudolph's Angaben „bisher unerreichte Vollkommenheit der anastigmatischen Ebenung des Bildfeldes" besitzt. Da dieses Objektiv nicht aus getrennten Gliedern besteht, braucht auch nicht mehr jedes Glied für sich achromatisirt zu sein, vielmehr *können*, um andere Vortheile zu erzielen, die beiden Glieder stärkere, entgegengesetzte Aberration erhalten. In dieser Gestalt vereinigt in gewissem Sinne das Objektiv das antiplanetische Prinzip von Steinheil mit dem anastigmatischen von Rudolph. Jedenfalls sind die näheren Konstruktionsbedingungen nur noch von besonderen Anforderungen an das Objektiv und von den zur Verfügung stehenden Glasarten abhängig. Dabei können die verkitteten Glieder wieder den verschiedensten Charakter besitzen, sie können beide positiv oder aber das eine positiv, das andere negativ bezw. plan sein, wenn nur das Gesammtsystem dadurch achromatisch und sphärisch korrigirt bleibt. Auch ist die Reihenfolge der Gläser Nebensache, wenn nur der Typus gewahrt bleibt, dass zwei Gläser zusammen einen *Neuachromaten* mit einer *sammelnden* Kittfläche, die zwei anderen einen *Altachromaten* mit *zerstreuender* Kittfläche bilden, sodass das Rudolph'sche Prinzip der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsquotienten verwirklicht ist und der Astigmatismus kompensirt werden kann.

Denken wir uns in dem *vierlinsigen* anastigmatischen Einzelobjektive die beiden mittleren Linsen durch eine einzige ersetzt, deren Brechungsexponent *zwischen* den Exponenten der beiden äusseren Linsen liegt, so erhalten wir ein *dreilinsiges* Einzelobjektiv (Fig. 18), welches gleichfalls die oben definirte Gegensätzlichkeit der Brechungs-

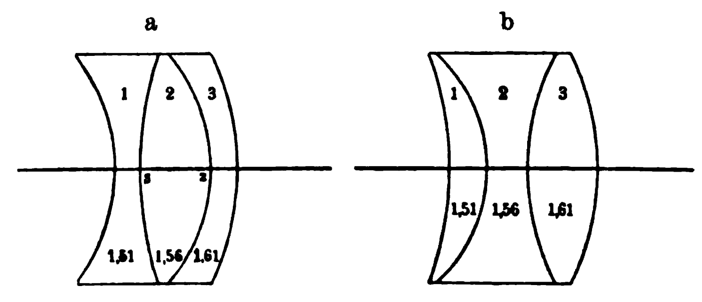


Fig. 18.

indizes aufweist und dem *anastigmatischen* Typus mit den zwei verschieden wirkenden Kittflächen (s = sammelnd und z = zerstreuend) angehört. Dabei ist das Rudolph'sche Prinzip gewahrt, sowohl wenn die mittlere Linse eine Sammellinse ist und die äusseren Linsen negative Brennweiten (Fig. 18a) haben, als auch umgekehrt, wenn die mittlere Linse eine Zerstreuungslinse ist und die äusseren Linsen eine positive Brennweite (Fig. 18b) haben.

Ein derartiges achromatisches Einzelobjektiv, welches aus drei verkitteten Linsen besteht und bei welchem das Bild anastigmatisch geebnet, sowie sphärisch in und ausser der Achse korrigirt ist, wurde *bereits vor* dem vierlinsigen Einzelobjektiv (Fig. 17) ausgeführt und zwar Ende 1891 nach Rechnungen von Dr. Rudolph in der Werkstätte von C. Zeiss, aber von dieser Firma erst 1893 unter dem Namen *„Anastigmat-Satzlinse Ser. VI"* in den Handel gebracht[1]).

November 17., 1894. *Engl. Patentschrift* in *The British Journ. of Photography. 1894. S. 829.* Siehe auch die deutsche Uebersetzung davon in Eder's *Jahrb. f. Photogr. 1895. S. 283.*

[1]) Paul Rudolph, *Improvements in Photographic Lenses or Objectives. Englische Patentschrift Nr. 4692.* Jena, April 22., 1893. In *The British Journ. of Photography 1893. S. 331.*

Unabhängig davon wurde v. Hoegh durch Rechnung gleichfalls auf diese einfachste Form einer anastigmatisch geebneten Einzellinse geführt, welche von der Firma C. P. Görz schon im Dezember 1892 nach v. Hoegh's Rechnungen zum Patent eingereicht wurde[1]), speziell in der *Kombination zweier solcher dreifach verkitteter Linsen zu einem symmetrisch gebauten Doppelobjektiv,* welches unter dem Namen *„Doppel-Anastigmat"* in den Handel gebracht worden ist.

Auch die Firma C. Zeiss kombinirte die schon als Einzelobjektiv korrigirte Anastigmat-Satzlinse zu zweien in dem „Satzanastigmat Ser. VIa". Die Fabrikation des dreilinsigen *Einzel*-Objektivs wurde von ihr jedoch wieder aufgegeben, seitdem diese Firma in dem verkitteten *vierlinsigen* System ein *Einzelobjektiv* (Fig. 17) besitzt, welches lichtstärker, besser anastigmatisch geebnet und besser korrigirt ist in Bezug auf die chromatische Vergrösserungsdifferenz als das dreilinsige. (Schluss folgt.)

Apparat zur Demonstration des Fizeau'schen Phänomens.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena.

(Mittheilung aus der optischen Werkstätte von C. Zeiss in Jena.)

Die unter dem Namen des Fizeau'schen Phänomens bekannte Erscheinung des periodischen Verschwindens und Wiedersichtbarwerdens von Interferenzstreifen, welche eine von zwei spiegelnden Flächen eingeschlossene und von Natriumlicht beleuchtete dünne Luftschicht bei stetig sich ändernder Dicke derselben zu erkennen giebt, hat Fizeau mit einem Apparat beobachtet, der im Wesentlichen aus einer *ebenen Glasplatte* und einer schwach *konvexen Linse* besteht, deren Abstand von einander mit Hülfe einer Mikrometerschraube messbar verändert werden kann[2]).

Die Anordnung hat den Nachtheil, dass die Beobachtung des periodischen Intensitätswechsels dem störenden Einfluss falschen Lichtes ausgesetzt ist, nämlich desjenigen Lichtes, welches von der oberen Fläche der Linse reflektirt wird. Das Gleiche gilt von denjenigen Anordnungen[3]), bei welchen die Linse des Fizeau'schen Apparates durch eine *planparallele* Glasplatte ersetzt ist. Andere Anordnungen sind mir nicht bekannt.

Ich habe bereits in einem früheren Jahrgang *dieser Zeitschrift* einen von mir konstruirten Hülfsapparat zum Abbe-Fizeau'schen Dilatometer beschrieben[4]), der ebenfalls die Möglichkeit bietet, die Dicke der Luftschicht stetig zu vergrössern und mit dem ich die Sichtbarkeitsverhältnisse der von mir benutzten Interferenzstreifen bei höheren Gangunterschieden im Einzelnen näher untersucht habe. Auch habe ich mit diesem Instrument unter Benutzung der beiden gelben Linien des Quecksilberspektrums einen für die Demonstration des Fizeau'schen Phänomens ganz besonders instruktiven Versuch angestellt und an der angegebenen Stelle des Näheren beschrieben.

---

[1]) D.R.P. Nr. 74437; *Photogr. Mitthlgn.* Berlin. *1893. Nr. 5, 6, 7, 8, 9, 12, 17; 1894. Nr. 21; The British Journ. of Photography 1893. S. 485; Engl. Patentschrift Nr. 23378.*

[2]) Vgl. Fizeau, *Pogg. Ann.* ***119.*** *S. 89. 1863.* — Ueber einen neueren Apparat dieser Art vgl. Damien und Paillot, *Traité de Manipulations de Physique S. 266.* Paris 1896.

[3]) Vgl. Ketteler, Theoretische Optik *S. 466.* Braunschweig 1885.

[4]) *Diese Zeitschr.* ***13.*** *S. 409. 1893.*

Der Einfluss falschen Lichtes ist bei jenem Instrument vermieden. Das Mittel ist das gleiche wie bei dem Tischchen des Dilatometers und besteht in der Anwendung der von Abbe eingeführten *keilförmigen Deckglasplatte*, deren Keilwinkel so bemessen ist, dass die von der oberen Fläche der Platte reflektirten Strahlen ganz ausserhalb des Gesichtsfeldes des Fernrohres zu liegen kommen.

Der vorliegende, in beistehender Figur in $^1/_3$ seiner nat. Grösse abgebildete und in erster Linie für die Beobachtung mit freiem Auge bestimmte Apparat zeigt im Wesentlichen die gleiche Einrichtung wie jener Hülfsapparat. Nur ist hier die keilförmige Deckplatte ersetzt durch ein *Prisma* von etwa 25° und an die Stelle der Fernrohrbeobachtung ist die Beobachtung mit blossem Auge und Diopter getreten. Auch hier ist die Beobachtung der Interferenzstreifen dem störenden Einfluss falschen Lichtes völlig entzogen.



Im Einzelnen ist über den Apparat, welcher für die Zwecke des physikalischen Unterrichts vielleicht einige Beachtung finden dürfte, Nachstehendes zu bemerken.

Der *Bewegungsmechanismus* für die Glasplatte besteht aus einem dreikantigen, äusserst sorgfältig gearbeiteten Metallstempel, welcher in einer Führung mit Hülfe der Schraube *M* messbar in vertikaler Richtung bewegt werden kann. Der Führungskörper ist in der Mitte des von drei Säulen getragenen und oben mit Sammet bekleideten Tellers *T* befestigt.

Der *Interferenzapparat* besteht aus der mit dem oberen Ende des Stempels fest verbundenen Glasplatte mit planpolirter Fläche — die Reflexion an der unteren Fläche dieser Platte wird durch Benutzung schwarzen (undurchsichtigen) Glases, bezw. durch Lackiren der unteren Fläche vermieden —, den Justirschrauben *J* und dem Prisma *P*. Die Interferenzstreifen sind dementsprechend geradlinig; Streifenabstand und Richtung derselben können mit Hülfe der Justirschrauben nach Belieben variirt werden. Eine auf der unteren Fläche des Prismas angebrachte Marke bildet ein Merkzeichen zum Zählen der vorüberziehenden Streifen.

Die *Beleuchtung des Interferenzapparates* geschieht unter Benutzung des in bestimmter Lage über dem Prisma festgehaltenen Spiegels *R*. Man *beobachtet* durch eine am oberen Rande des Spiegels angebrachte Oeffnung *D*. Die von der in etwa $^1/_2$ *m* Abstand vom Apparat aufgestellten Natriumflamme kommenden Strahlen nehmen den in der Figur skizzirten Verlauf; sie fallen auf die untere Fläche des Prismas normal auf und kehren angenähert auf dem gleichen Wege zurück. Das Prisma wird zu dem Ende so gerichtet, dass die brechende Kante desselben der Drehungs-

achse *H* des Spiegels parallel zu liegen kommt; die Natriumflamme wird der brechenden Kante des Prismas gegenüber und in die Ebene der Normalen von Prismen- und Spiegelfläche gebracht und endlich der Spiegel *R* durch Drehen um seine Achse *H* so eingestellt, dass man in der unteren Fläche des Prismas das Spiegelbild von *R* zu sehen bekommt.

Das erstmalige Aufsuchen der Interferenzstreifen wird durch Einstellen der Justirschrauben auf das Zusammenfallen der beiden Reflexbilder von *R* sehr erleichtert.

Wie leicht ersichtlich, verlassen alle von der Flamme ausgehenden und auf die obere Prismenfläche direkt und indirekt auffallenden und von ihr reflektirten Strahlen dieselbe in anderer Richtung als die durch die Oeffnung *D* hindurchtretenden Strahlen und sind daher für die Beobachtung ohne Nachtheil.

Es ist für die Beobachtung der Streifen bei höheren Gangunterschieden wünschenswerth, das wirksame Strahlenbündel einengen zu können[1]). Diesem Zweck dient die in der Figur sichtbare Drehscheibe *D*, welche mit 4 Löchern von 2, 1, $^1/_2$ und $^1/_4$ *mm* Durchmesser versehen ist.

Die zur *Messung der Dicke der Luftschicht* dienende Schraube *M* hat 0,2 *mm* Ganghöhe und eine in 200 Theile (1 Theil = 0,001 *mm*) getheilte Trommel. Die ganzen Umdrehungen der Schraube werden an dem in 1 *mm* getheilten Index mittels Nonius abgelesen. Der Nonius ist auf der Trommel angebracht und besteht aus 6 in der Figur nicht sichtbaren Parallelkreisen mit 0,8 *mm* Abstand, eine Einrichtung, die sich anscheinend recht gut bewährt. Schnelle Bewegungen der Schraube können durch Anfassen an dem Stift, langsame durch Anfassen an der Scheibe bewerkstelligt werden.

Eine neuerdings mit dem Apparat verbundene, auslösbare Vorrichtung ermöglicht die Ausführung von Schneckenbewegungen zum Zwecke des bequemeren Zählens der vorüberziehenden Streifen.

Die Dicke der Luftschicht kann bei dem Instrument bis auf etwa 15 *mm* gebracht werden. Mit einem gewöhnlichen Bunsenbrenner lässt sich der periodische Intensitätswechsel bequem etwa 12-mal hintereinander beobachten. Ich hatte geglaubt, durch Anwendung eines Metallspiegels oder einer polirten Fläche schwarzen Glases statt des auf der Rückseite mit Spiegelfolie belegten Spiegels *R* die Beobachtung noch mehr zu erleichtern, doch haben meine Versuche in diesem Punkt zu keinem bestimmten Resultat geführt.

Um die *Interferenzerscheinungen von anderen Spektralflammen*, so z. B. die des Lithium- und die des Thalliumlichtes mit dem Apparat beobachten zu können, kann man entweder in der vorstehend erläuterten Weise verfahren und hierbei manchen der interessanten Versuche über das Zusammenwirken der einzelnen Streifensysteme anstellen, oder, wenn es auf eine vollständige Trennung der Streifensysteme ankommt, man benutzt das dem Apparat beigegebene Metallblech, welches mit einer spaltförmigen Oeffnung von etwa 3 *mm* Breite versehen ist und auf das Prisma aufgelegt wird. Die Beobachtung geschieht durch ein geradsichtiges Amici'sches Prisma von hoher Dispersion, welches so zwischen Auge und Diopter *D* gehalten wird, dass der Hauptschnitt des Prismas senkrecht zur Spaltrichtung gelegen ist.

Weit vollkommener als mit blossem Auge und Diopter geschieht die Beobachtung der Interferenzstreifen spektral zerlegten Lichtes mit Hülfe eines dem optischen Theil des Abbe-Fizeau'schen Dilatometers nachgebildeten und für universelle Zwecke eingerichteten *Interferenzmessapparates*, über den ich in einem der nächsten Hefte nähere Mittheilungen machen werde.

Jena, im Juni 1897.

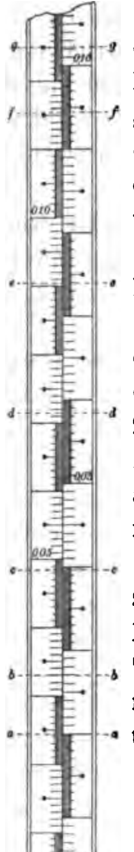
---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **13.** *S. 377. 1893.*

Nivellirlatte mit Nonienvorrichtung.

Von

Stadtgeometer **J. Lehrke** zu Mülheim am Rhein.



Versuche, eine Nivellirskale für Tascheninstrumente zu konstruiren, die neben übernatürlicher Theilung hinreichend genau ist, um hinter dem Komma 2 Stellen zu ermitteln, liessen mich auf die folgende Konstruktion gelangen, mit Hülfe deren es gelingt, beim Nivelliren 4 Stellen scharf zu ermitteln und eine fünfte zu schätzen. Die Skale ist nach dem Prinzip der Nonieneinrichtungen in doppelter Weise konstruirt, nämlich mit vortragender und nachtragender Theilung, um durch doppelte Ablesung für diese gegenseitige Kontrolen zu schaffen. Sie ist Haupttheilung und Nonientheilung gleichzeitig.

Die zugehörige Abbildung ($^1/_2$ nat. Grösse) giebt die Einrichtung an; die linke Theilung (die längsschraffirten Felder sind in Wirklichkeit blau, die unschraffirten weiss) hat 10 Theile auf 18, die rechte 10 Theile auf 22 *cm* (die querschraffirten Felder sind in Wirklichkeit roth). Jeder dieser 10 Theile ist alsdann weiterhin in 10 Unterabtheilungen zerlegt, die sich auf der Nivellirlatte auf 100 *m* Entfernung noch erkennen lassen und nöthigenfalls als Felder dargestellt werden können.

Jede Höhenablesung an einer Skale setzt sich aus zwei Theilen zusammen, nämlich aus der gewöhnlichen Ablesung mit Schätzung des Bruchtheiles eines Intervalls und einer Korrektion, die gleich dem zehnten Theil der jeweiligen Ablesung ist und für die grosse Theilung positives, für die kleine (1 *pars* = 1,8 *cm*) negatives Vorzeichen besitzt. Beide Resultate addirt, ergeben die gesuchte Höhendifferenz.

Beispiel: Visur *dd*. Linke Theilung 0,071 50 Rechte Theilung 0,058 40
— 0,007 15 + 0,005 84
0,128 59 *m* = 0,064 35 + 0,064 24.

Die Richtigkeit des Verfahrens ist ohne Weiteres einleuchtend.

Ablesungen an der Nonienlatte.

1		2		3		4
Station		Ablesungen Lattentheilung		Ergebniss in Metermaass $a+b$		Unterschiede
km	+ *m*	blau-weiss $x - {}^1/_{10}\,x = a$	roth-weiss $y + {}^1/_{10}\,y = b$	Rückblick Vorblick *m*	zwischen und seitlich *m*	*m*
d		0,071 50	0,058 40			
		0,007 15	0,005 84	0,128 59		
b		0,033 11	0,026 99			
		0,003 31	0,002 70	. . . . .	0,059 49	0,069 10
(× *g*)		0,125 00	0,102 10			
		0,012 50	0,010 21	0,224 81		× 9,834 68
(× *g*)		0,048 50	0,039 40			
c		0,004 85	0,003 94	0,086 99		
× *a*		0,024 20	0,019 90			
		0,002 42	0,001 99	0,043 67		0,043 32

1		2		3		4
Station		Ablesungen Lattentheilung		Ergebniss in Metermaass $a + b$		Unterschiede
km	+ *m*	blau-weiss $x - {}^1/_{10}\,x = a$	roth-weiss $y + {}^1/_{10}\,y = b$	Rückblick Vorblick *m*	zwischen und seitlich *m*	*m*
(× *a*)		0,090 50	0,074 00			
e		0,009 05	0,007 40	0,162 84		
× *f*		0,115 60	0,094 40			
		0,011 57	0,009 44	0,207 87		× 9,954 97
		0,508 41	0,456 71	0,378 42	0,059 49	
		0,050 86	0,457 55	0,476 35	0,854 77	× 9,902 07
		0,457 55	0,914 26	× 9,902 07	0,914 26	

Die vorstehenden Ablesungen erfolgten auf einer auf Papier gezeichneten Skale, die auf eine genaue Eintheilung keinen Anspruch machen kann.

Wenn auch in der gewöhnlichen Vermessungspraxis eine derartige Verfeinerung des Ableseverfahrens, wie sie die beschriebene Einrichtung vorstellt, nicht erforderlich scheint, so lange sich nicht gleichzeitig die übrigen Fehlerquellen in Belichtung und Temperatur beseitigen lassen, so wird man sie immerhin bei wissenschaftlichen Arbeiten grundlegender Art sowohl, als auch zur Kontrole der Messwerkzeuge und Instrumente mit Vortheil und Erfolg verwenden können. Auch auf anderen Gebieten (Barometrie, Volumen- und Gewichts-Bestimmungen, Geschützwesen u. s. w.) wird die neue Theilung oft von grossem Nutzen sein.

Automatische Quecksilberluftpumpe.

Von

Prof. Dr. **G. Jaumann.**

Die Töpler'sche Quecksilberpumpe sollte wenigstens der Theorie nach ein viel vollkommeneres Vakuum als die Sprengel'sche Pumpe geben, denn das Fallrohr der Töpler'schen Pumpe wirkt schon für sich als eine Sprengel'sche Pumpe, das so erzeugte Vakuum wird aber nachher noch auf den ganzen Saugraum der Töpler'schen Pumpe ausgedehnt und dabei mindestens noch um das 1000-fache gesteigert.

Freilich kommt bei der ursprünglichen Form der Töpler'schen Pumpe dieser Vortheil nicht zur Geltung. Dasselbe Quecksilber, welches in dem Fallrohr nach abwärts geflossen ist, muss sogleich wieder in demselben hinauf- und in den Saugraum zurückfliessen. Dabei bringt es alle kleineren Luftblasen wieder mit.

Diesem Uebelstand hat Neesen dadurch abgeholfen, dass er zwischen Saugraum und Fallrohr ein Schlangenrohr und eine Erweiterung eingeschaltet hat. Dies hat mehrere Vortheile, vor allem hindert es die Luftblasen zurückzukommen. Aber es hindert sie auch hinauszugehen, schon ziemlich grosse Luftblasen setzen sich im Anfange des Schlangenrohres fest und sind nicht hinauszutreiben, wohl aber gehen sie nachher beim Zurückfliessen des Quecksilbers sogleich wieder in den Saugraum zurück.

Schuller hat das Fallrohr überhaupt fortgelassen und ein Ventil angebracht. Auch dieses ist für das Austreiben der Luftblasen ein Hinderniss.

Ich bin zu der einfachen Töpler'schen Form zurückgekehrt. Man darf den hinausgehenden Luftblasen kein Hinderniss in den Weg stellen, das Fallrohr muss beibehalten werden und es muss wie eine Sprengel'sche Pumpe wirken. Aber das in dem Fallrohr herabgefallene Quecksilber darf nicht wieder in demselben aufsteigen, sondern es muss *auf einem anderen Wege* mit der Hauptmasse des Quecksilbers wieder vereinigt werden. Während also bei der Töpler'schen Pumpe alle Quecksilberbewegungen hin- und hergehende sind, ist bei meiner Pumpe nur die Bewegung der Hauptmasse des Quecksilbers eine hin- und hergehende, die kleine Quecksilbermenge, welche durch das Fallrohr fällt, fällt nachher weiter und direkt in das Reservoir der Pumpe, sie macht keine hin- und hergehende Bewegung, sondern einen Kreislauf. *Niemals bewegt sich in dem Fallrohr das Quecksilber in anderer Richtung als nach abwärts.* Dies ist das Prinzip der im Folgenden beschriebenen Pumpe.

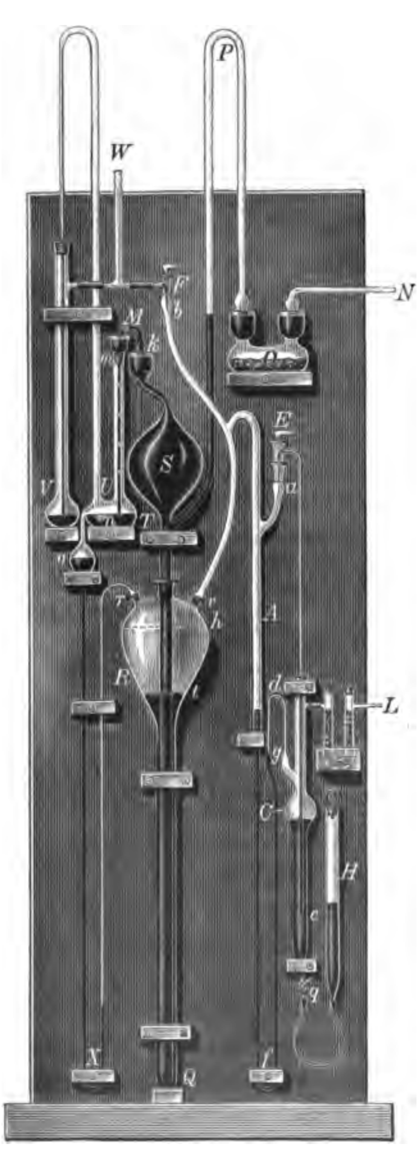


Fig. 1.

Gegenwärtig wird Niemand mit einer nicht-automatischen Pumpe arbeiten wollen. Raps hat bekanntlich die Neesen'sche Pumpe sehr schön automatisch wirksam gemacht, freilich durch einen etwas kostspieligen Mechanismus. Schuller hat das Gleiche durch eine sehr einfache, wenn auch nicht besonders ansprechende Vorrichtung erreicht.

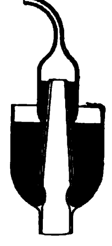
Ich selbst habe in *Wied. Ann.* **61.** *S. 204. 1897* eine *hahnlose Steuerung* zum automatischen Betrieb von Hubluftpumpen beschrieben. Mit dieser ist die im Folgenden beschriebene Pumpe versehen. Sie besitzt zufolge dessen überhaupt keine beweglichen Theile, brauchte auch, im Prinzip wenigstens, keine Hähne zu haben. Es bewegt sich nichts in derselben als Quecksilber und Luft unter dem Antriebe einer Wasserluftpumpe, sowie dies auch bei automatischen Sprengel'schen Pumpen der Fall ist.

Beschreibung der Pumpe. In Fig. 1 ist die Pumpe in $^1/_{12}$ nat. Grösse abgebildet. In der Mitte sieht man den Saugraum S und darunter das Reservoir R. Zwischen beiden ist die Töpler'sche Abzweigung T, welche durch das mässig aufragende Rohr P und das Trockengefäss O zu dem Rezipienten bei N führt. Rechts von R und S ist die Steuerung ACH, links von R und S ist das Fallrohr MUX angebracht. Die Wasserluftpumpe saugt bei W, die äussere Luft strömt bei L durch ein Chlorcalciumrohr zu.

Das Fallrohr. Das eigentliche Fallrohr ist nur ein gebogenes Röhrchen von 25 *cm* Länge. Es sitzt auf dem Saugraum mittels eines Schliffes k, welcher *innen* und aussen mit Quecksilber gedichtet ist (vgl. Fig. 2). Mit dem Gefäss U ist es durch einen Kautschukpfropf verbunden, über welchem die Quecksilberdichtung m sich befindet. Das Fallrohr ist dem Zerspringen in keinem höheren Maasse ausgesetzt,

als ein verkürztes Fallrohr einer Sprengel'schen Pumpe und kann jedenfalls sehr leicht ersetzt werden.

Das durch das Fallrohr fallende Quecksilber gelangt zunächst in das Gefäss *U* und giebt dort die mitgerissene Luft grösstentheils ab[1]), später fällt es weiter durch das Rohr *oXr* in das Reservoir *R* und zwar dann, wenn in *R* der kleinste Druck herrscht. Da es hierbei durch *r* in einen luftverdünnten Raum rinnt, wird es noch weiter von Luft befreit. Es liessen sich, wenn man das Möglichste thun will, auf diesem Wege noch besondere Luftfänge anbringen, doch sind diese entbehrlich. Je sorgfältiger freilich man das Quecksilber von Luft befreit, desto besser evakuirt die Pumpe.


Fig. 2.

Die Steuerung. Bei der in Fig. 1 gezeichneten Stellung des Quecksilbers herrscht in dem Raume *A* und *R* der grösste Druck, welcher 5 bis 10 *cm* kleiner als der Atmosphärendruck in *C* ist. Die Wasserluftpumpe bei *W* saugt durch die kleine Oeffnung *b*, das Quecksilber steigt während 140 Sek. aus *C* in dem Barometerrohr *ca* auf, bis es durch die kleine Oeffnung *a* ausfliesst. Hierbei ist in der Pumpe das Quecksilber aus *S* nach *R* gesunken, das überschüssige Quecksilber aus *U* durch *oXr* ebenfalls nach *R* geflossen. Das Ueberrieseln des Quecksilbers aus *C* durch *a* nach *A* dauert 25 Sek., während dieser Zeit strömt die Luft aus dem auszupumpenden Rezipienten bei *N* nach *S*.

Endlich ist das ganze Quecksilber aus *C* nach *A* gesogen und die Oeffnung *c* wird frei. Dies geschieht *unter allen Umständen genau* bei einem Unterdruck in *A* und *R*, welcher der Höhendifferenz *ac* (67 *cm*) gleich ist.

Nachdem *c* frei geworden ist, strömt Luft von aussen durch das Chlorcalciumrohr bei *L* nach *A* und *R*, und das Quecksilber wird aus *R* nach *S* gedrückt und zwar steigt es — weil die Oeffnung *a* klein ist und weil die Wasserluftpumpe fortgesetzt bei *b* saugt — zum Schlusse sehr sanft. Ganz *langsam* in *grossen schlagenden Tropfen* fliesst es bei *M* über und erzeugt dort nach einigen Tropfen ein Vakuum[2]).

Gleichzeitig fällt das Quecksilber in *A* und steigt in *fd*, endlich fliesst eine gewisse von der Länge *dg* abhängende Menge plötzlich bei *d* über nach *C*, worauf das Spiel der Steuerung und der Pumpe von neuem beginnt.

Dieses Ueberfliessen bei *d* findet bei einem Druck in *A* und *R* statt, welcher *nur abhängt* von der Menge des Quecksilbers, welche in der Steuerung vorhanden ist, denn allein diese Quecksilbermenge bestimmt es, wie hoch das Quecksilber in *A* steht, wenn es bei *d* überfliesst.

Während also die Geschwindigkeit, mit welcher die Steuerung und die Pumpe arbeitet, selbstverständlich von der Wirksamkeit der Wasserluftpumpe, also von dem Wasserdruck, welcher ja variabel sein kann, abhängt[3]), hängt die *Amplitude* der Quecksilberbewegung in der Pumpe, welche allein genau regelmässig sein muss, nur von zwei *durchaus konstanten* Grössen ab, nämlich nur von der Höhendifferenz *ac* und

[1]) Diese zieht dann durch das *Rückschlagsventil V* zur Wasserluftpumpe ab.

[2]) Durch das Abreissen dieser grossen Tropfen geräth das Quecksilber auf beiden Seiten des Risses in heftige akustische Schwingungen, welche vorübergehend im Innern des Quecksilbers den Druck Null herstellen. Ein etwa vorhandenes kaum sichtbares Luftbläschen dehnt sich bis zu 1 *cm* Durchmesser aus und wird durch das Hinausströmen des Quecksilbers mit Leichtigkeit transportirt.

[3]) Man kann also die Pumpe auch benutzen, wenn die Wasserleitung anderweitig in unregelmässiger Weise beansprucht wird, doch wird man eine kräftige Wasserluftpumpe anwenden und nicht bei allzu kleinem Wasserdruck arbeiten. Ich habe ungefähr 3 Atmosphären Wasserdruck, es würde aber auch ein kleinerer Druck ausreichen.

von der Menge des Quecksilbers in der Steuerung. Infolge dessen ist die Wirkung der Pumpe genau regelmässig und verlässlich.

Justirung der Pumpe. Die Pumpe verträgt den Transport in fast völlig montirtem Zustand. Das Fallrohr *Mn* soll nicht mehr wie 2 *mm* lichte Weite haben, die Biegungen bei *M*, *d* und *r* sollen glatt sein, das Rohr *oXr* und *fdg* soll 4 *mm* lichte Weite haben, das Steigrohr in dem Quecksilberrückschlagsventil *V* soll möglichst eng sein. Die Höhendifferenz *ac* soll mindestens 67 *cm*, *dg* mindestens 9 *cm*, *tM* höchstens 57 *cm* und *hT* mindestens 15 *cm* betragen, wobei *t* der tiefste, *h* der höchste Stand des Quecksilbers in *R* ist.

Zunächst wird *V* mit der passenden Menge Quecksilber gefüllt, dann fülle man 500 *g* bei *E* oder bei *H* in die Steuerung, wobei der Hahn *q* vorübergehend geöffnet wird. Die Oeffnung bei *a* ist bis auf 0,5 *mm* lichte Weite zugeschmolzen, die Oeffnung *b* ist, falls man über einen guten Wasserdruck verfügt, bedeutend kleiner zu machen.

Nun setzt man die Wasserluftpumpe bei *W* in Gang. Die Steuerung beginnt sofort zu spielen und man hat zunächst ihre Amplitude einzurichten. Ist der Maximaldruck, der sich in *A* einstellt, kleiner, als man es wünscht, so schmilzt man die Oeffnung *b* ein wenig mehr zu und umgekehrt. Das Quecksilber muss bei *d* nur langsam und zögernd überfliessen. Fliesst es zu rasch über, so ist im Verhältniss zu der Kleinheit der Oeffnung *b* zu viel Quecksilber in der Steuerung und man muss etwas davon nach *H* ablassen und umgekehrt verfahren, wenn das Quecksilber bei *d* zu langsam oder nicht mit Sicherheit überfliessen will.

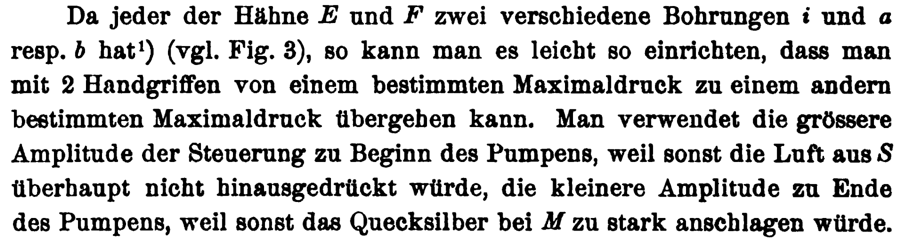


Fig. 3.

Da jeder der Hähne *E* und *F* zwei verschiedene Bohrungen *i* und *a* resp. *b* hat[1]) (vgl. Fig. 3), so kann man es leicht so einrichten, dass man mit 2 Handgriffen von einem bestimmten Maximaldruck zu einem andern bestimmten Maximaldruck übergehen kann. Man verwendet die grössere Amplitude der Steuerung zu Beginn des Pumpens, weil sonst die Luft aus *S* überhaupt nicht hinausgedrückt würde, die kleinere Amplitude zu Ende des Pumpens, weil sonst das Quecksilber bei *M* zu stark anschlagen würde.

Nachdem man die Steuerung so eingerichtet hat, lässt man sie 24 Stunden laufen, ohne Quecksilber in die Pumpe zu füllen. Während dieser 24 Stunden wird durch die Steuerung automatisch über 400-mal die Luft aus allen Pumpentheilen ausgepumpt und *trockene* Luft eingelassen. Dies ist eine ausserordentlich wirksame und bequeme Methode zur Entfernung von Dämpfen aus einem Gefäss und kann die Steuerung (in der einfacheren *a. a. O.* beschriebenen Form) auch zu diesem Zweck (Trocknen, Entfernen von Aetherdampf etc.) in Laboratorien vortheilhaft verwendet werden.

Endlich füllt man *trockenes* Quecksilber bei *F* in das Reservoir *R*. Man wird diese Füllung in mehreren Absätzen vornehmen, weil nicht zu viel Quecksilber in der Pumpe sein darf.

Gebrauch der Pumpe. Man schliesst zunächst den Hahn *E* und setzt die Wasserluftpumpe bei *W* in Gang. Nun besorgt dieselbe das Vorpumpen. Ist sie zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gekommen, so stellt man den Hahn *E* in eine von der in Fig. 1 gezeichneten um 180° verschiedene Stellung und lässt etwas Quecksilber nach *H* ab, d. h. man stellt die Steuerung auf die grösste Amplitude. Nach einigen Pumpen-

---

[1]) und da die koordinirte Quecksilbermenge leicht durch Marken an dem Gefäss *H* angegeben werden kann.

zügen dreht man E um 180^0 und lässt das Quecksilber aus H wieder nach C, d. h. man stellt die kleinste Amplitude der Steuerung her. Von da an fordert die Pumpe keine Beaufsichtigung. Ich habe diese Pumpe seit mehr als einem halben Jahre in täglichem Gebrauch und bin mit ihr zufrieden.

Herr Franz Müller (Dr. H. Geissler's Nachf.) in Bonn stellt diese Pumpe nach meinen Angaben in sorgfältigster Ausführung her.

Physik.-chem. Institut der deutschen Universität Prag, im Juli 1897.

Referate.

Die Leibniz'sche Rechenmaschine.

Von W. Jordan. *Zeitschr. f. Vermess.* **26.** *S. 289. 1897.*

Die Leibniz'sche Rechenmaschine.

Von A. Burkhardt. *Ebenda S. 392.*

Die Zeitschrift für Vermessungswesen hat unlängst wichtige Beiträge zur Geschichte der Rechenmaschine veröffentlicht. Burkhardt in Glashütte, der bekannte Verfertiger vortrefflicher Rechenmaschinen, der 1893 die Leibniz'sche Maschine in Hannover sah und sie 1894 mit dem Auftrag erhielt, sie benutzbar zu machen, berichtet in dem zweiten der angeführten Aufsätze genau über alle Einzelheiten seiner Untersuchung und Behandlung der Maschine. Obwohl sich die Anbringung einer Anzahl von Zuthaten und die Umarbeitung einzelner Theile nicht vermeiden liess, wenn die Maschine überhaupt sollte in Gang gesetzt werden können, gewinnt man durchaus den Eindruck, dass es Burkhardt in nichts an der gebührenden Pietät gegen das Werk hat fehlen lassen. Nicht weniger als $2^1/_2$ Jahre hat er sich mit der Maschine beschäftigt; zumal der Schaltwerkrahmen war völlig unbrauchbar geworden, die Wellen waren unrund und verbogen, die Schaltwalzen mussten neu auf der Welle befestigt werden; der Antrieb, aus 17 Kronrädern bestehend, konnte — ohne eingreifende Aenderung, die doch ausgeschlossen bleiben sollte und musste — lange nicht in Ordnung gebracht werden; erst nach Ersetzung aller Stahlräder durch neue konnte allmählich ein „ganz leidlicher Gang" des Antriebs gewonnen werden. Burkhardt fügt seinem Bericht eine „Theorie der Leibniz'schen Rechenmachine" bei; er folgert zum Schluss, dass die jetzt nach Hannover zurückgebrachte Maschine, so wie sie vorlag, „niemals gegangen sein kann" (— bezieht sich wohl hierauf die Bemerkung in einem im Besitz des Ref. befindlichen Manuskript von dem württembergischen Rechenmaschinen-Erfinder Pfarrer Hahn, dass „Herr von Leibniz endlich gescheitert" sei? —) und dass die zweite Leibniz'sche Maschine, die gebrauchsfähig war, wohl von ganz anderer Konstruktion gewesen sein werde. Aber jedenfalls hat Leibniz, der Erfinder der Staffelwalze, die „Grundlage für alle Rechenmaschinen geschaffen".

In dem zuerst angeführten Aufsatz giebt Jordan zunächst eine Zusammenstellung alles bisher über die Leibniz'sche Maschine (von Zöllner, Gerke, Mohrmann und ihm selbst) Publizirten und ergänzt es durch Abdruck des von Leupold im *Theatrum arithmetico-geometricum* (1762) über „die curieuse Rechenmaschine des Herrn von Leibniz" (und über seine eigene, die Vorläuferin der Hahn'schen) Beigebrachten. Von grösster Wichtigkeit ist aber, dass Jordan den „ersten Versuch und Anfang" macht, „die in der Königlichen Bibliothek zu Hannover befindlichen Originalhandschriften von Leibniz — d. h. noch gänzlich ungehobene Schätze — ans Tageslicht zu bringen". Er zählt nach einer „ersten Durchsicht" nicht weniger als 23 Nummern auf, die Handschriften von Leibniz über seine Rechenmaschine enthalten (über $5^1/_2$ hundert Seiten). Was Jordan aus einem dieser Manuskripte im Original und in Uebersetzung mittheilt, lässt als zweifellos erkennen, dass er mit dem Wunsch, es möchten vor allem diese Originalaufzeichnungen des grossen Urhebers der Erfindung all-

gemein zugänglich gemacht werden, das Richtige trifft. Dass diese Aufgabe die Kräfte des Einzelnen übersteigt, sollte und darf kein Hinderniss sein; die Unterstützung öffentlicher Mittel kann einem Vorhaben nicht fehlen, das die Geschichte einer glänzenden Erfindung aufhellen und diese Erfindung endgiltig Deutschland zuweisen wird. Der Ref. glaubt allgemeiner Zustimmung sicher zu sein, wenn er auch in dieser Zeitschrift diese Ansicht Jordan's mittheilt und sich ihr anschliesst. *Hammer.*

Ein neues automatisches Tachymeter.

Von V. Baggi. *Rivista di Topografia e Catasto* **9.** *S. 42. 1896/97.*

In diesem zweiten Abschnitt der Abhandlung über sein selbstthätiges Tachymeter (vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 340. 1896*) beschreibt Baggi die Anwendung auf Bestimmung der Höhenunterschiede. Messungs-Ergebnisse oder vorläufige praktische Versuche werden nicht mitgetheilt. *Hammer.*

Die Biegung und die Theilungsfehler der Kreise am Meridian-Instrument zu Albany.

Von Lewis Boss. *Astronom. Journ.* **16.** *S. 189. 1896.*

Wie schon im Jahre 1879, so untersuchte Verf. auch 1895, diesmal jedoch mit grösserer Ausführlichkeit, nach einer neuen, theils von Newcomb, theils von ihm selbst herrührenden Methode die beiden Kreise des von Pistor & Martins im Jahre 1856 gebauten Meridian-Instrumentes zu Albany auf Biegung und Theilungsfehler.

Bei der gewöhnlichen, von Bessel zuerst angewandten Methode zur Bestimmung der Theilungsfehler wird bekanntlich, wenn z. B. die Theilstriche von 15 zu 15 Grad untersucht werden sollen, in einem Winkelabstand von 15° von einem festen Mikroskop ein zweites Mikroskop angebracht; die Intervalle von 15° werden der Reihe nach zwischen die Mikroskope gebracht und durch die Mikroskop-Mikrometer gemessen, bis eine ganze Umdrehung des Kreises vollendet ist. Das arithmetische Mittel sämmtlicher Ablesungen ist die wahre Grösse eines Intervalles von 15°. Die Fehler der einzelnen Theilstriche sind dann unschwer zu bestimmen.

Bei der Newcomb-Boss'schen Methode werden beide Kreise gleichzeitig untersucht und daher auch beide gleichzeitig von je einem Beobachter abgelesen. Als eine Ablesung gilt das Mittel aus den Angaben der vier Mikroskope jedes Kreises. Bei der rechnerischen Bestimmung der Fehler wird immer nur die Summe der Ablesungen von Kreis A und Kreis B gebraucht, die natürlich, abgesehen von den Beträgen der Biegung, der Theilungsfehler und der Ablesungsfehler, dieselbe bleiben muss, solange nicht ein Kreis gegen den andern auf der Achse um einen Winkel gedreht wird. Aus den geringen Verschiedenheiten der Summen lassen sich, wenn die Kreise auch noch gegen einander verstellt werden, die Biegung und die Theilungsfehler bestimmen, während die bald mit positivem, bald mit negativem Zeichen auftretenden Ablesungsfehler sich im Grossen und Ganzen aufheben werden.

Verf. ging in folgender Weise bei Untersuchung der Kreise vor. Zunächst wurden die beiden Kreise bei den Zenithdistanzen des Rohres 0°, 45°, 90°.... 315° und dann in umgekehrter Reihenfolge der Zenithdistanzen abgelesen. Hierauf drehte man den Kreis B um 45° um seine Achse und machte wiederum die Kreisablesungen bei den verschiedenen Zenithdistanzen des Rohres wie vorhin. Sodann drehte man Kreis B um je 45° weiter und nahm die Ablesungen der beiden Kreise vor, bis beide Kreise wieder die ursprüngliche Stellung zu einander einnahmen. Jetzt wurde Kreis A in gleicher Weise von 45 zu 45 Grad um die Achse gedreht und nach jeder Drehung die Ablesung beider Kreise bei den 8 verschiedenen Zenithdistanzen des Rohres, die man einmal in der einen, dann in der entgegengesetzten Reihenfolge einstellte, vorgenommen. Die ganze Arbeit wurde nach Umlegung des Instrumentes, also bei Klemme Ost, wenn sie früher bei Klemme West geschehen war, wiederholt.

Durch geeignete Kombination der zahlreichen Ablesungen konnte dann mittels der Methode der kleinsten Quadrate für jeden Kreis der wahrscheinlichste Werth der Korrektion gefunden werden, deren die Ablesung, d. h. das Mittel aus den Angaben der vier Mikroskope, bedarf, wenn eines der Mikroskope über dem Theilstrich 45° steht; die Korrektion der Ablesung, wenn eines der Mikroskope auf 0° steht, wurde hierbei gleich Null angenommen.

Ebenso wurden durch Kombination der Ablesungen die Konstanten F und α gefunden, welche in der den Betrag der Biegung für die Kreisablesung R angebenden Formel $F \sin(R + \alpha)$ vorkommen.

Nach demselben Prinzip, wenn auch nicht mit derselben Gründlichkeit, zum Theil unter Beschränkung auf einen Quadranten, wurden die Intervalle von 30°, 15°, 9°, 3°, 1°, 20′ untersucht.

Beide Kreise zeigten sich sehr gut getheilt, besonders Kreis B, bei dem der durchschnittliche Fehler der die Vielfachen von 5° angebenden Stücke nur 0″,16 oder in Länge 0,38 μ betrug. Verf. vermuthet auf Grund der von ihm für die 20′-Intervalle gefundenen Korrektionswerthe, dass wie bei dem Leydener Pistor & Martins'schen Meridiankreis auch bei dem zu Albany die Minutenstriche von einem einen Grad langen Bogen kopirt worden seien. Der beim Kopiren eines Striches begangene Fehler ergab sich dem Verf. zu ± 0″,11.

Die Newcomb-Boss'sche Methode zur Bestimmung der Theilungsfehler ist zweifellos umständlicher als die gewöhnliche Bessel'sche, doch hat sie den grossen Vorzug, dass bei der Untersuchung der Kreise dieselben Mikroskope benutzt werden, überhaupt das ganze Arrangement (Beleuchtung u. s. w.) genau dasselbe ist wie bei der Anstellung astronomischer Beobachtungen.

Zur Korrektion einer gemessenen Zenithdistanz wegen Biegung genügt die Kenntniss der Biegung der Kreise allerdings nicht; hierzu ist es nöthig, den Einfluss der Biegung des ganzen Instrumentes auf die Kreisablesung zu kennen.

Interessant ist ein kleiner Versuch, den Verf. zur Untersuchung der Biegung eines Kreises anstellte. An der nach Süden gelegenen, in gleicher Höhe mit der Achse des Meridiankreises befindlichen Stelle dieses letzteren hing er ein Gewicht von 227 g auf und verglich die Ablesungen der vier Mikroskope mit den Ablesungen bei unbelastetem und dann auch bei an der entgegengesetzten Stelle belastetem Meridiankreis. In folgendem Täfelchen sind in Spalte 1 die Ablesungen bei unbelastetem Meridiankreis angegeben mit Weglassung der Grade und Minuten, in Spalte 2 die Ablesungen bei südlicher Belastung, in 3 bei nördlicher Belastung; die Spalten 4 und 5 sind Wiederholungen von 2 und 3; 6 giebt die Ablesungen, wenn zum Schluss die Belastung wieder fortgenommen wurde.

	1	2	3	4	5	6
Mikroskop I	34″,2	40″,7	29″,1	40″,4	29″,3	34″,7
„ II	37,4	43,6	32,3	43,5	32,6	38,1
„ III	25,5	31,4	19,5	31,0	20,2	25,2
„ IV	32,4	38,1	26,8	37,8	26,9	32,5

Der Kreis hat also durch die Belastung eine Drehung um seinen Mittelpunkt erfahren, für die alle Mikroskope denselben Werth, durchschnittlich 5″,6, ergeben; wahrscheinlich ist sie auf eine Biegung der Speichen zurückzuführen. Die Biegung eines unbelasteten Kreises durch die Schwere kann aufgefasst werden als die resultirende Wirkung einer unendlichen Zahl von unsymmetrisch über den Kreis vertheilten Massen.

Von der oben erwähnten Sinusformel für die Biegung eines Kreises konnte Verfasser aus seinen Ablesungen nachweisen, dass sie in der That die Beobachtungen sehr gut darstellt.

Da bei einem Kreise von 1 *m* Durchmesser 1″ nur gleich 2,4 μ ist, so geht des Verf. Ansicht dahin, man solle den Meridiankreisen einen grösseren Durchmesser geben, um die Theilung genauer machen zu können. Für die Speichen des Kreises sei der T-förmige dem trapezischen Querschnitt vorzuziehen.

Es sei hier noch auf einen unlängst in den *Astronom. Nachrichten* ***141.*** *S. 321. 1896* erschienenen Aufsatz von Professor Harzer über den Einfluss der Schwere auf Kreise astronomischer Instrumente hingewiesen. Die Resultate der theoretischen Untersuchungen sind, um ein Beispiel zu geben, auf den Meridiankreis der Gothaer Sternwarte angewandt. Zur Veranschaulichung sind zwei Figuren beigegeben, welche die 10000-fach vergrösserte Biegung des Kreises, der sogenannten Neutralfaser, in den beiden Fällen darstellen, wo die Vertikallinie durch zwei der acht vorhandenen Speichen geht und wo sie den Winkel zwischen zwei Speichen halbirt. *Kn.*

Neue Nebenapparate für die Schwungmaschine.

Von H. Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***10.*** *S. 121. 1897.*

Der in Fig. 1 dargestellte Apparat, eine Abänderung bekannter Vorrichtungen, bringt das Gesetz, dass die Schwungkraft bei bestimmter Umdrehungszeit von dem Massenmoment abhängig ist, genau, anschaulich und bequem zur Darstellung. Durch die Löcher *n n* des Gestelles *g*, das mit dem Stifte *b* auf die Schwungmaschine gesetzt wird, ist ein starker, theilweise mit Schraubengewinde versehener Messingdraht *a* gesteckt. Auf ihm können an beliebiger Stelle 25 *g* schwere Messingscheiben m_1 m_2, in die das Muttergewinde eingeschnitten ist, eingestellt werden. An den Enden des Drahtes sind die Schraubenmuttern *s s* aufgeschraubt, um die Bewegung des Drahtes nach beiden Seiten zu begrenzen.

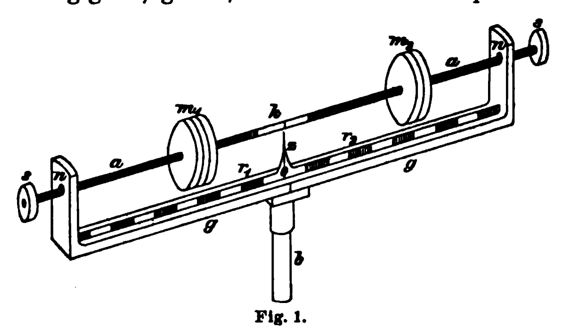


Fig. 1.

Vor jedem Versuch wird der Draht stets so eingestellt, dass seine Mitte, die Rille *k*, über der Zeigerspitze *z* steht, die genau in der Drehungsachse liegt und den Nullpunkt des auf

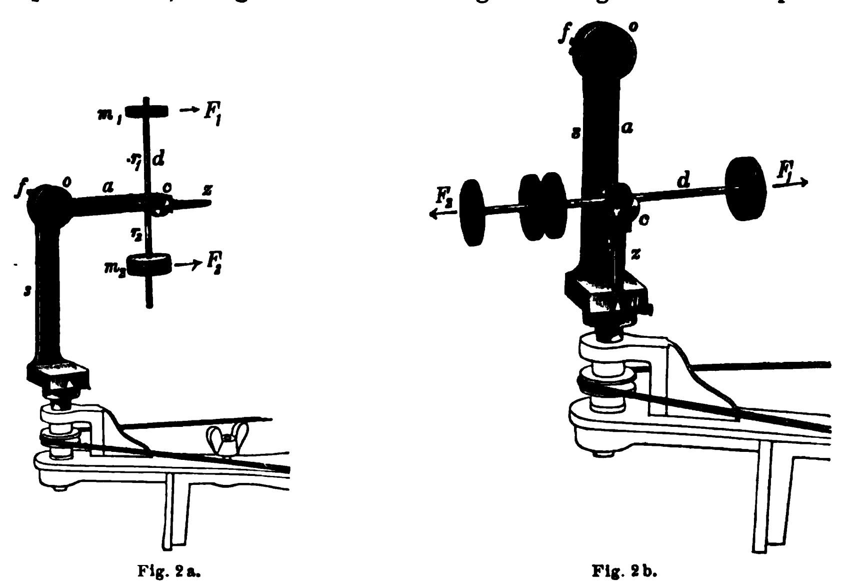


Fig. 2a. Fig. 2b.

dem Gestelle aufgeschraubten Maassstabes bildet, dessen Zentimeter abwechselnd roth und weiss angestrichen sind. Der Apparat nebst 5 Scheiben kostet 10 M.

Die in Fig. 2a und 2b abgebildete Vorrichtung ist empfindlicher und stellt sich selbst-

thätig auf gleiche Massenmomente ein. Sie besteht aus einer auf die Schwungmaschine aufzusetzenden eisernen Säule *s* mit dem in *o* leicht drehbaren Messingarm *a*, der durch Anziehen der auf der Rückseite angebrachten Flügelschraube *f* in jeder Lage festgestellt werden kann. Das zweifach umgebogene Ende des Armes *a* trägt zwischen Körnerspitzen die Achse *c*, durch die der mit Schraubengewinden versehene starke Messingdraht *d* geht, an dem die Scheibengewichte von je 25 *g* an beliebiger Stelle angebracht werden können. Der Zeiger *z* dient dazu, bei dem in Fig. 2b angedeuteten Versuche den Arm *a* genau auf die Marke *n* einzustellen. Dieser Apparat nebst Scheiben kostet 37 M.

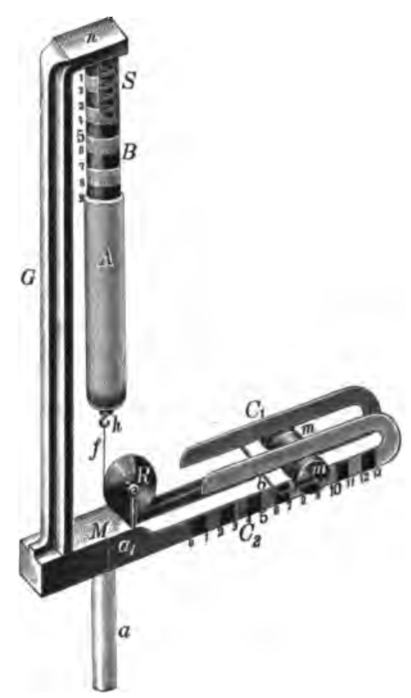


Fig. 3.

Der in Fig. 3 abgebildete Apparat hat den Zweck, die Schwungkraftformel $f = 4\pi^2 mr/t^2$ als Ganzes zu bestätigen. An dem gusseisernen Gestell *G* ist bei *n* die Messinghülse *B* festgeschraubt, die die ebenfalls bei *n* befestigte Spiralfeder *S* umhüllt. Das untere Ende von *S* ist an dem Boden einer zweiten, etwas weiteren Hülse *A* befestigt. Von dem Häkchen *h* an dieser Hülse führt eine Schnur *f* über die Rolle *R* zu dem Bügel *b*, der den walzenförmigen, leicht drehbaren und 49 *g* schweren Messingkörper *m* tragt. Dieser Körper wird von den Messingschienen C_1 und C_2 geführt, die ebenso wie die Rolle *R* an der Grundplatte *M* festgeschraubt sind. Der zylindrische Stift *a*, der mit der Spiralfeder *S* und den Hülsen *A* und *B* konachsial ist, dient zum Einsetzen in die Schwungmaschine. Im Zustand der Ruhe zieht die Spiralfeder *S* die Hülse *A* so weit nach oben, dass sie die auf *B* angebrachte rothweisse empirische Skale ganz verdeckt, und der Messingzylinder *m* beim Nullpunkt der kongruenten Skale C_2 steht. Beim Drehen des Apparates wird die Schwungkraft an der Skale *B* und der Drehungshalbmesser an einer von a_1 ausgehenden Zentimeterskale abgelesen. Die Umdrehungszeit wird aus der Zahl der Umläufe des Treibriemens und dem Uebersetzungsverhältniss zwischen Treibriemen und Achsenwelle der Schwungmaschine bestimmt. Preis des Apparates 35 M. Alle diese Vorrichtungen werden von dem Mechaniker J. Antusch in Reichenberg geliefert.

H. H.-M.

Ueber die Bestimmung des Wasserwerthes von Thermometern bei kalorimetrischen Untersuchungen.

Von A. Sozziani. *Nuovo Cimento (4) 5. S. 135. 1897.*

Zur Untersuchung diente das französische *verre dur*, aus welchem die Thermometer Tonnelot's verfertigt sind. Die angewandte Methode zur Bestimmung der spezifischen Wärme war die der Mischung, indem das auf die Temperatur des siedenden Wassers erhitzte Probestück in das Wasser eines auf Zimmertemperatur gehaltenen Kalorimeters geworfen wurde. Im Mittel ergab sich die spezifische Wärme des Glases zu 0,2033; das spezifische Gewicht desselben fand der Verfasser gleich 2,517. Durch Multiplikation beider Zahlen $0,2033 \times 2,517 = 0,5117$ erhält man den Wasserwerth der Volumeneinheit des Glases. Den Wasserwerth der Volumeneinheit des Quecksilbers berechnet der Verfasser aus bekannten Daten zu 0,4527. Der Mittelwerth beider Zahlen 0,4822 kann in erster Annäherung als Wasserwerth der Volumeneinheit des Thermometers überhaupt gelten, d. h. um den Wasserwerth des Thermometers zu finden, hat man das ins Kalorimeter eintauchende Volumen mit 0,4822 zu multipliziren. Bei Thermometern aus gewöhnlichem Glase tritt an die Stelle dieser Zahl die andere 0,4689.

Schl.

Ueber mikroskopische Wahrnehmung.

Von G. J. Stoney. *Phil. Mag.* **42.** *S. 332, 423 u. 499. 1896.*

In der obigen Abhandlung werden zunächst die allgemeinen Prinzipien, nach denen sich die Wahrnehmung mit dem blossen Auge oder mit optischen Instrumenten bestimmt, auf Grund der Wellentheorie des Lichts auseinandergesetzt. Die Art der Behandlung dieses Problems hängt nun im Wesentlichen davon ab, wie man sich die gesammte Wellenbewegung in der Nähe des beobachteten Objektes zerlegt denkt. Als besonders vortheilhaft haben sich nun folgende Betrachtungsweisen gezeigt, 1. den Zustand des Aethers zu kugelförmigen Wellen, die von den einzelnen Objektpunkten ausgehen, oder 2. zu gleichförmigen ebenen Wellen zu gruppiren, die sich nach den verschiedenen Richtungen von dem Objekt in seiner ganzer Ausdehnung ausbreiten. Diese Auffassung des Verf. lässt sehr deutlich die theoretische Gleichberechtigung beider Methoden erkennen, von denen die erste als Airy'sche (sonst Helmholtz'sche), die zweite als Abbe'sche bezeichnet wird. Die Anwendung der Airy'schen Methode wird jedoch in vielen Fällen dadurch erschwert, dass das Licht von den Objektpunkten nicht nach allen Richtungen gleichmässig ausstrahlt, Verf. zieht daher die Abbe'sche für seine Untersuchungen vor.

Nachdem er die Möglichkeit der Zerlegung der Lichtbewegung in der Nähe des Objektes in gleichförmige ebene Wellen nachgewiesen hat, geht er auf die Bilderzeugung näher ein. Denkt man sich in einem bestimmten Augenblick die ganze Aetherbewegung plötzlich umgekehrt und das Objekt entfernt, so werden an dessen Stelle die nach rückwärts laufenden ebenen Wellen durch gegenseitige Interferenz eine Lichtvertheilung zu Stande bringen, welche Verfasser das Normalbild (*standard image*) nennt, weil es den Grad der Vollkommenheit darstellt, den ein durch optische Mittel bei Licht dieser Wellenlänge erhaltenes Bild nur nahezu erreichen, aber nicht übertreffen kann. Nachdem der Begriff der Vergrösserung erörtert, zeigt dann Verf., dass das vom Auge oder einem optischen Instrument entworfene Bild niemals das Normalbild oder eine Vergrösserung desselben ist, da immer nur ein Theil der vom Objekt ausgehenden Wellen von dem Auge oder optischen Instrument aufgenommen wird. Man erhält so nur ein unähnliches Ersatzbild (*visual substitute*). In welcher Beziehung dies Ersatzbild zum wirklichen Objekt steht, bezeichnet Verf. als das eigentliche Problem der Wahrnehmung, sei es mit blossem Auge, mit Fernrohr, oder Mikroskop.

Er zeigt dann an dem speziellen Beispiel des Mikroskopobjektivs, wie durch den Umstand, dass die angulare Apertur stets unter 180° bleibt und so die Wellenzüge äusserster Neigung nicht mehr aufgenommen werden und bei der Bilderzeugung fehlen, das Ersatzbild gegenüber dem Normalbild verändert wird, indem z. B. falsche, im Objekt nicht vorhandene Zeichnungen und Färbungen auftreten. Weiterhin wird der Einfluss, den die Beleuchtung des Präparates (Beschaffenheit von Lichtquelle und Kondensor), die Dicke des durch das Präparat hergestellten Schnittes, das Brechungsvermögen der Einbettungsflüssigkeit auf eine ähnliche, treue Abbildung hat, erörtert. Besonders eingehend werden die eigenartigen Verhältnisse bei der Abbildung von trocken liegenden, an das Deckglas angeschmolzenen Präparaten besprochen.

Um die Ergebnisse seiner theoretischen Untersuchungen zu illustriren, theilt Verf. eine Reihe namentlich auch für den praktischen Mikroskopiker sehr lehrreicher Versuche mit, die sich auf Beobachtung verschiedener Diatomeenpräparate mit verschiedenartiger Beleuchtung beziehen. *A. K.*

Mikroskop und Lupe zur Betrachtung grosser Schnitte.

Von E. Nebelthau. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* **13.** *S. 417. 1896.*

Die systematische Durchforschung grösserer mikroskopischer Präparate, die ja namentlich in der Medizin eine so bedeutsame Rolle spielen, ist deshalb meist mit bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft, weil sich diese Präparate nur schwer oder garnicht auf dem gewöhnlichen Objekttischchen unterbringen lassen und, wenn dies auch mit Hülfe geeigneter

Vorrichtungen gelingt, doch meist frei mit der Hand unter dem Tubus weg verschoben werden müssen.

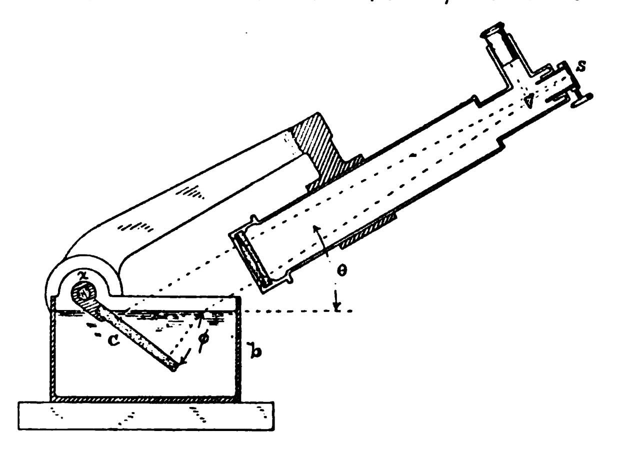
Ein vom Verf. angegebener und von E. Leitz in Wetzlar ausgeführter Apparat beseitigt diese Schwierigkeiten in glücklichster Weise. Hier ist der Tubus auf einer den Objekttisch überbrückenden Schiene angebracht und kann auf derselben mittels einer Schraube von rechts nach links über den ganzen Tisch hinwegbewegt werden. Andererseits lässt sich der Objekttisch selbst, ebenfalls mit Hülfe einer Schraube, unter der Brücke hinweg von vorne nach hinten verschieben. Sowohl auf der Gleitschiene des Tubus wie auf derjenigen des Tisches sind Skalen angebracht, man kann also mittels der beiden senkrecht zu einander gerichteten Bewegungen jeden einzelnen Punkt des Präparates nach Belieben leicht einstellen und wieder auffinden, und andererseits auch das ganze Präparat bequem systematisch durchforschen, ohne Gefahr zu laufen, etwas Wichtiges zu übersehen. Der bewegliche Objekttisch besteht aus einer auf Säulen ruhenden Glasplatte, welche ebenso, wie die Tubusbrücke, auf einem viereckigen Gestell ruht, das in der Mitte ausgeschnitten ist und unter dem Ausschnitte einen mit zwei Knöpfen einstellbaren Beleuchtungsspiegel trägt. Das Instrument leistet namentlich bei der Durchmusterung von Platten- und Schalenkulturen u. s. w. gute Dienste. *Glch.*

Eine neue Form von Flüssigkeitsprismen ohne feste Wände.

Von F. L. O. Wadsworth. *Astrophys. Journ. 4. S. 274. 1896.*

Bekanntlich sind grosse, schlierenfreie Glasprismen schwer zu beschaffen und theuer; ausserdem haben sie auch die für manche Zwecke ungemein störende Eigenschaft, dass sie die ultravioletten und ultrarothen Strahlen stark absorbiren. Man hat deshalb dafür bereits vielfach Flüssigkeitsprismen in Anwendung gebracht, aber auch diese erfordern in der gewöhnlichen Form vorzügliche planparallele Seitenwände aus Glas, deren Absorptionsvermögen die Beobachtungen beeinträchtigt. Diese Nachtheile sind in einfacher Weise bei dem vom Verf. vorgeschlagenen Flüssigkeitsprisma[1]) vermieden, das einfach durch die horizontale Oberfläche einer Flüssigkeit und einen in die letztere getauchten Spiegel gebildet wird.

Die beistehende Figur zeigt ein mit einem derartigen Prisma versehenes Spektroskop, das nach der Art der Littrow'schen Instrumente auf Autokollimation beruht; die mit dem Theilkreise versehene Drehungsachse x ist hierbei nicht vertikal, sondern horizontal angeordnet. Der leuchtende Spalt S steht im Brennpunkt der Kollimatorlinse, das Licht tritt also parallel aus, wird an der Oberfläche der im Gefäss b befindlichen Flüssigkeit gebrochen, trifft senkrecht auf den Spiegel C auf, gelangt auf demselben Wege wieder zurück und, nach Reflexion an dem kleinen, total reflektirenden Prisma in das Auge des Beobachters. Die ganze Einrichtung hat also viel Aehnlichkeit mit derjenigen des bekannten Abbe'schen Spektrometers, dessen besondere praktische Nebenapparate zur Messung der Dispersion sich wohl auch hier unschwer anbringen lassen würden.



Bedeutet Θ den Winkel zwischen der Fernrohrachse und der Flüssigkeitsoberfläche, φ den Winkel zwischen der letzteren und der Spiegelebene, n den Brechungsquotient der

[1]) Lord Rayleigh machte übrigens den Verf. nach dem Erscheinen der obigen Mittheilung darauf aufmerksam, dass die Idee des Flüssigkeitsprismas schon von Brewster herrührt (*Treatise on Optics § 53. S. 455*).

Flüssigkeit, so gilt die Beziehung $\cos\Theta = n \sin\varphi$. Dieser Bedingung kann man in doppelter Weise genügen: Entweder bleibt die Fernrohrachse fest und man dreht den Spiegel um die Achse x, bis der Winkel φ erreicht ist, oder der Spiegel behält eine gegebene Lage und man dreht das Fernrohr um die Achse x. Das erstere Verfahren, das auf eine Aenderung des brechenden Winkels hinausläuft, hat den Vorzug, dass das Auflösungsvermögen für die verschiedenen Wellenlängen nahezu konstant bleibt. Das Instrument soll sich nach Ansicht des Verf. besonders zu astronomischen Spektraluntersuchungen eignen.

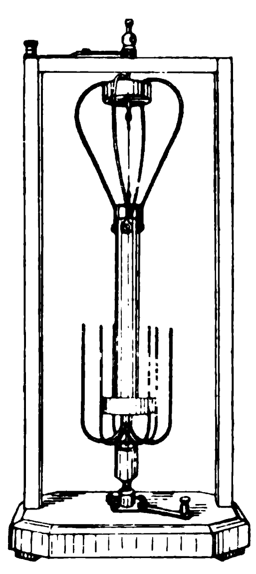
Freilich muss noch besonders darauf hingewiesen werden, dass das Spektroskop natürlich eine völlig erschütterungsfreie Aufstellung erfordert, was unter Umständen besondere Schwierigkeiten verursachen dürfte. Der Verfasser schlägt eine Montirung auf schweren Stein- bezw. Eisenblöcken vor, die auf Gummiplatten ruhen, oder, falls dies nicht genügen sollte, will er das Instrument auf Quecksilber schwimmen lassen. Ob dies auch in Laboratorien in der Nähe verkehrsreicher Strassen hinreichen würde, um auch die kleinsten Vibrationen der Oberfläche zu beseitigen, wird erst die Erfahrung lehren. *Glch.*

Ein elektromagnetischer Rotationsapparat.

Von Walter König. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 519. 1897.*

W. König hat nach einem von Fleischmann angegebenen Prinzip einen elektromagnetischen Rotationsapparat konstruirt, bei dem die Wirkung des Stromes auf den einen Pol des Magneten aufgehoben ist.

Durch die Mitte des Querbalkens (vgl. die Fig.) eines hölzernen Galgens von 50 *cm* Höhe und 20 *cm* Breite geht ein Messingstift von 10 *cm* Länge, an dem vermittels eines Seidenfadens ein Aluminiumrohr von 20 *cm* Länge hängt. Von dem oberen Ende dieses Rohres gehen vier federnde Bügel nach oben und tauchen in einen Quecksilbernapf, der über den Messingstift geschoben ist. Der Bügel, an dem das Aluminiumrohr aufgehängt ist, trägt unten ein zweites Häkchen, an dem durch einen in der Achse des Rohres verlaufenden Faden das Magnetsystem hängt. Dieses besteht aus sechs 30 *cm* langen Stahlstäben, die U-förmig zusammengebogen sind. Die gleichnamigen Pole sind mit einem dicken Kupferdraht zusammengebunden und befinden sich im Innern der Röhre, während die andern Pole das Rohr kranzförmig umgeben; der Kupferdraht ist achsial weitergeführt und taucht in einen eisernen Quecksilbernapf, der auf dem Fussbrett befestigt ist.



Ausserdem ist über die zusammengebundenen Pole ein Quecksilbernapf geschoben, sodass das Aluminiumrohr in das Quecksilber eintaucht. Es können also Aluminiumrohr und Magnetsystem unabhängig von einander Drehungen ausführen. Der Strom geht von dem oberen Messingstift durch den oberen Quecksilbernapf in die Bügel und das Aluminiumrohr, tritt dann durch den mittleren Napf in den Draht, der das Magnetsystem zusammenhält, und verlässt durch den unteren Napf den Apparat.

Hält man das Aluminiumrohr fest, so dreht sich das Magnetsystem in einem bestimmten Sinne; hält man das Magnetsystem fest, so dreht sich der Aluminiumzylinder in entgegengesetztem Sinne; hält man keines von beiden fest, so dreht sich beides in entgegengesetztem Sinne. Verbindet man schliesslich Magnetsystem und Aluminiumrohr fest mit einander, so bleibt das ganze System in Ruhe. Um noch nachzuweisen, dass auf den im Innern der Röhre befindlichen Pol keine mechanische Kraft ausgeübt wird, stellt König mit Eisenfeilicht, das auf Kartonpapier aufgestreut ist, den Kraftlinienverlauf innerhalb und ausserhalb des Rohres dar. *E. O.*

Neuerungen an Mikrotomen.

Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie 13. S. 1, 157 u. 160. 1896.

Auf *S. 1 a. a. O.* giebt Schaffer eine Darstellung zweier neuen Mikrotome aus der Werkstätte der Gebr. Fromme in Wien. Bei denselben ist für die Schnittbewegung und Dickenstellung die Schlittenführung verlassen und durch Achsenführung ersetzt. Bei dem in Fig. 1 dargestellten einfacheren für Celloïdinpräparate bestimmten Mikrotom steht die mit der Grundplatte verbundene Präparatenklammer fest und das Messer beschreibt in der gleichen Weise, wie bei dem in *dieser Zeitschr. 15. S. 15. 1895* dargestellten Mikrotom derselben Firma, bei der Drehung eines um eine Vertikalachse beweglichen Armes, eine Ebene. Die Einstellung der Schnittdicke erfolgt hier durch allmähliche Senkung des Messers. Zu diesem Behufe ist die solide und massige Gestaltung des Messerträgers, die das erwähnte Mikrotom zeigte, aufgegeben und das Messer am oberen Ende des vertikalen Theiles *V* eines Gelenkparallelogrammes *a b c d* befestigt, welches in *a b* an den achsialen Theil *A* des drehbaren Armes *C* gelenkt ist. Dieser Arm *C* trägt am freien Ende das Muttergewinde für die mit gezahntem Rade und Einschnappvorrichtung versehene Mikrometerschraube *s*, deren kegelförmige Enden sich gegen gehärtete, an den horizontalen Gelenkarmen *h* befestigte Plättchen stützen und daher bei Drehung der Schraube dem Messerträger eine Vertikalbewegung ertheilen. Die Schnittbewegung des Messers und die Fortstellung der Schraube erfolgt mit der Hand. Zum Schneiden in Flüssigkeiten wird die Objektklammer in einem entsprechend geformten Gefäss befestigt und der Messerträger nach oben hin bügelförmig verlängert, sodass der Bügel über die Gefässwand in das Gefäss hinabragt und hier das Messer trägt.

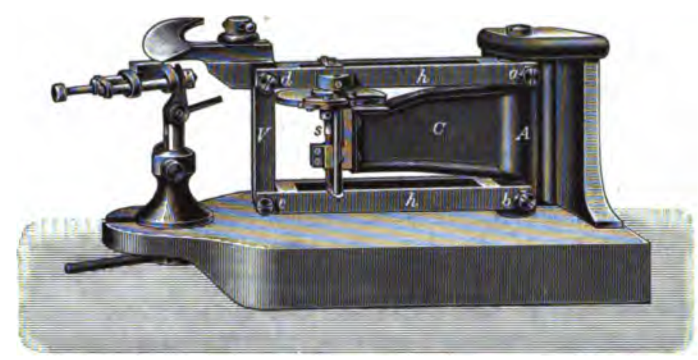


Fig. 1.

Bei dem für Paraffinserienschnitte bestimmten Mikrotom (Fig. 2) sind dieselben Mittel zur Führung und zur Feinbewegung des Objektes gegen das ruhende, am Gestell befestigte Messer verwendet. Hier erfolgt die Bewegung automatisch durch Drehung einer mit Kurbelrad *K* und Exzenter versehenen horizontalen Achse, wobei die Schnittfläche des Objektes *O* in einer Vertikalebene gegen das Messer abwärts bewegt wird, während beim Rückgange das gezahnte Rad *R* der Mikrometerschraube mittels einer Leiste *N* der beabsichtigten nächsten Schnittdicke entsprechend gedreht wird. Die Grösse dieser Drehung wird durch die Stellung von *N* auf einem am Gestell befestigten gebogenen Arm *F* bestimmt. Die allgemeine Anordnung des Instrumentes ist aus Fig. 2 zu ersehen.

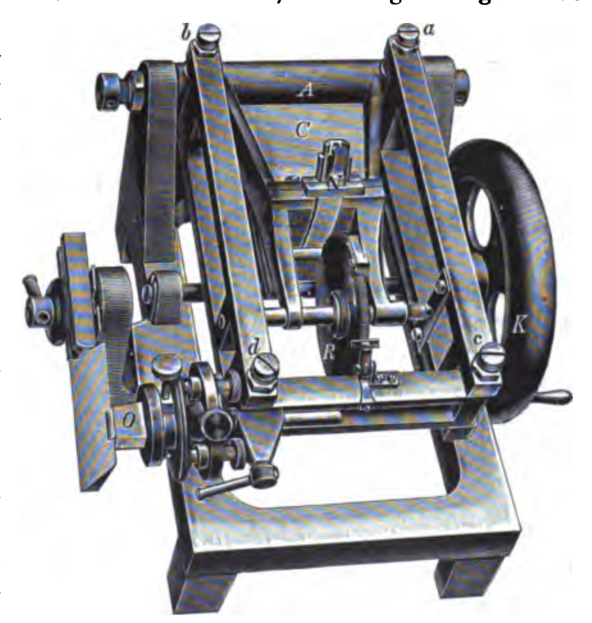


Fig. 2.

Rein konstruktiv erscheint die hier vorliegende Verwendung des Gelenkparallelogrammes an dieser Stelle nicht unbedenklich, da dessen lange Arme durch verhältnissmässig kurze Gelenkachsen verbunden sind. Infolgedessen wird durch ein Kräftepaar, selbst von geringem Moment, das ebene Parallelogramm eine Torsion erleiden. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Mikrotom wird durch die Hand das Messer unmittelbar bewegt und der Schneidewiderstand überwunden. Es unterliegt somit keinem Zweifel, dass eine geschickte und geübte Hand mit diesem Mikrotom ebenso tadellos arbeiten kann, wie mit andern guten Mikrotomen. Nichtsdestoweniger zieht Schaffer selbst für das gewöhnliche Arbeiten das alte Modell (*diese Zeitschr. 15. S. 15. 1895*) seiner unerreichten Einfachheit wegen vor. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Mikrotom greift die bewegende Kraft in der vertikalen Mittelebene zwischen den Gelenkachsen *a* und *b*, der Schneidewiderstand an dem von dieser Ebene ziemlich weit entfernten Objekt *O* an. Hier kann das Torsionsmoment erheblich werden. Da *a. a. O.* von störenden Torsionen nichts erwähnt wird, darf man dies einer besonders sorgfältigen Ausführung und Justirung zuschreiben, vorausgesetzt, dass eine eingehende Erprobung dieses Instrumentes stattgefunden hat und dabei Störungen der gedachten Art nicht aufgetreten sind.

Auf *S. 157 a. a. O.* wird von Nowak eine Einrichtung zur gröberen Höheneinstellung des Objektes an Mikrotomen, bei denen die Mikrometerschraube einen Objektschlitten hebt, beschrieben. Dieselbe besteht in der Verwendung eines mit grobem Gewinde und Mutter versehenen zylindrischen Stiftes, welcher in eine zentrale Bohrung der Mikrometerschraube eingesetzt ist und in dieser durch die Mutter verschoben wird.

Für Handmikrotome, bei denen auf zwei ebenen Führungsleisten ein flaches Messer von Hand geführt wird, zwischen denen das Objekt nach der Höhe verstellbar gelagert ist, beschreibt Kornauth *ebenda* auf *S. 160* einen Schnittstrecker für Paraffinschnitte, der lediglich in einem nahe der oberen Messerfläche und parallel zur Schneide angeordneten Drahtbügel besteht. Derselbe lässt sich in einer der angegebenen Ausführungsformen durch Drehung um eine Achse von der Messerfläche entfernen, und sein Abstand von der letzteren während des Schneidens ist mittels einer Schraube regulirbar. *P.*

Neu erschienene Bücher.

J. Tyndall, Der Schall. Nach der 6. engl. Auflage des Originals bearb. von A. v. Helmholtz u. Cl. Wiedemann. 3. Aufl. gr. 8°. XXII, 548 S. m. 204 Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 10,00 M.; geb. 11,50 M.

O. Fulst, Nautische Tafeln. Mit 1 Schalttaf. als Beilage. 8°. IV, 154 u. 4 S. Bremen, M. Heinsius Nachf. Geb. in Leinw. m. Ldr.-Rücken 3,50 M.; Schalttafel einzeln 0,30 M.

E. Matthies, Nautische Tafeln f. Nord- u. Ostsee. gr. 8°. VIII, 72 S. Emden, W. Haynel. Geb. in Leinw. 2,50 M.

H. Ebert, Magnetische Kraftfelder. Die Erscheinungen des Magnetismus, Elektromagnetismus u. der Induktion, dargestellt auf Grund des Kraftlinien-Begriffes. 2. Thl. Mit 47 Abbildgn. im Text u. auf 1 Taf. gr. 8°. XVIII u. S. 225 bis 499. Leipzig, J. A. Barth. 10,00 M.; komplet 18,00 M.; in 1 Leinw.-Bd. 19,00 M.

A. Kerber, Beiträge zur Dioptrik. 3. Heft. gr. 8°. 16 S. Leipzig, G. Fock in Komm. 0,50 M.

G. Müller, Die Photometrie der Gestirne. gr. 8°. X, 556 S. m. 81 Fig. Leipzig, W. Engelmann. 20,00 M.; geb. 22,50 M.

J. Scheiner, Die Photographie der Gestirne. Mit 1 Taf. in Heliograv. u. 52 Fig. im Text. gr. 8°. V, 382 S. Nebst e. Atlas v. 11 Taf. in Heliograv. m. textl. Erläutergn. (in Mappe). 4°. 6 S. Leipzig, W. Engelmann. 21,00 M.; Text geb. 23,50.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **September 1897.** Neuntes Heft.

Ueber Schott'sche Kompensationsthermometer.

Von

Dr. **Wilhelm Hoffmann** in Jena.

Durch Einführung bestimmter Gläser in die Fabrikation von Thermometern ist es gelungen, die thermische Nachwirkung, welche nach vorheriger Erwärmung auf 100° bei dem gewöhnlichen Thüringer Glase 0,38° bis 0,66° beträgt, auf 0,05° herunter zu drücken. Dieser Erfolg wurde dadurch erzielt, dass man nur eins der beiden Alkalien Natron und Kali in ein Glas aufnahm, während die älteren Gläser beide Bestandtheile enthielten. Die erwähnte Nachwirkung von 0,05° zeigt das Jenaer Normalglas, welches folgende Zusammensetzung hat: 67,5% Kieselsäure, 14% Natron, 7% Zinkoxyd, 7% Kalk, 2,5% Thonerde, 2% Borsäure. Noch geringer ist die Nachwirkung bei dem Borosilikatglase 59^{III}, welches zu den hochgradigen Thermometern (bis über 500° brauchbar) benutzt wird und aus 11% Natron, 5% Aluminiumoxyd, 12% Borsäure, 72% Kieselsäure besteht. Bei diesem Glase beträgt die Depression nach Erwärmung auf 100° nach Untersuchungen von Wiebe nur 0,02°.

Um die thermische Nachwirkung, namentlich auch für höhere Temperaturen, möglichst zu beseitigen, hat Herr Dr. Schott Thermometer herstellen lassen, bei welchen in einem Thermometergefässe aus einem Glase von relativ geringer Nachwirkung ein gewisses Volumen eines anderen Glases von hoher thermischer Nachwirkung angebracht wird. Es folgt hierdurch die Möglichkeit, eine Kompensation der thermischen Nachwirkungen beider Gläser zu bewirken, und es ergiebt sich die Aufgabe, das Verhältniss der Volumina zu suchen, bei welchem eine möglichst vollständige Kompensation der Nachwirkung stattfindet. Würde das kompensirende Glas lose im Quecksilber schwimmen, so würden, wenn dasselbe sich an die Glaswand anlegt, scharfe Winkel entstehen, und es würden sich in Folge der Kapillardepression des Quecksilbers Hohlräume bilden. Es müssen also die beiden Gläser durch Verschmelzen fest verbunden werden können, beide Gläser müssen also denselben Ausdehnungskoëffizienten haben. Nach vorausgegangenen früheren Untersuchungen über die Ausdehnung von Gläsern hatte es keine Schwierigkeit, dieser Forderung zu genügen. Als äusseres Glas von geringer Nachwirkung benutzte man das bekannte Jenaer Normal-Thermometerglas 16^{III}; als inneres Glas von hoher Nachwirkung wurde das gleichzeitig kali- und natronhaltige Glas 335^{III} mit folgender Zusammensetzung erschmolzen:

K_2O	Na_2O	MgO	B_2O_3	Al_2O_3	Mn_2O_3	As_2O_3	SiO_2
9,0	8,5	5,0	7,0	3,0	0,1	0,3	67,1

Der kubische Ausdehnungskoëffizient beider Gläser zwischen 0° und 100° beträgt sehr nahe 0,0000240.

In nebenstehender Fig. 1 ist die Form eines Thermometergefässes wiedergegeben, wie sie für die hier behandelten Thermometer angewendet worden ist.

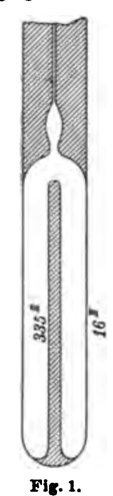


Fig. 1.

Die Anbringung des inneren Stiftes und die Einhaltung des Verhältnisses der Volumina bietet dem Glasbläser vor der Lampe keine Schwierigkeiten. Zu beachten bleibt nur, dass an der Verschmelzungsstelle der beiden Gläser keine scharfen Winkel entstehen, sondern Abrundung vorhanden ist, damit nicht durch die Kapillardepression des Quecksilbers Hohlräume auftreten. Eine Form an der Verschmelzungsstelle, wie sie in Fig. 2 bei *a* dargestellt ist, müsste unbedingt vermieden werden.

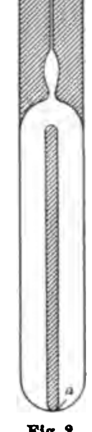


Fig. 2.

I. Die untersuchten Thermometer.

Die mir von Herrn Dr. Schott zur Verfügung gestellten Thermometer, verfertigt von Herrn E. Koch in Ilmenau, sind 24 bis 27 *cm* lang und mit Millimetertheilung versehen. Ein Grad hat ungefähr 1 *cm* Länge. Es beträgt für

Nr.	59	64	66	62	71	73	67	61	65	68
1 *mm*	0,13°	0,12°	0,12°	0,13°	0,12°	0,12°	0,10°	0,10°	0,11°	0,10°.

Damit die Thermometer trotz ihrer Kürze stark erhitzt werden können, hat jedes oben eine beträchtliche Erweiterung, welche luftleer gelassen ist, damit keine Dilatationen durch Druck eintreten. Nr. 59 ist ein Einschlussthermometer aus dem Glase 335^{III}, die übrigen Thermometer sind Stabthermometer aus Normalglas, bei denen in das Gefäss ein Glasstift oder ein Glasröhrchen aus Glas 335^{III} eingeschmolzen ist. Das Verhältniss des eingeschmolzenen Glaskörpers zu dem mit Quecksilber gefüllten Theile des Gefässes beträgt $^1/_6$, $^1/_8$ oder $^1/_{10}$. Die Thermometer sind durch mehrtägiges Erhitzen über 300° alt gemacht. Die Beobachtung der Kompensationsthermometer fand in folgender Weise statt. Es wurde der Nullpunkt bestimmt; darauf wurde das Thermometer auf etwa 280° bis 300° erhitzt. Dann nahm man baldigst wieder eine Nullpunktsbestimmung vor, die an demselben und dem darauf folgenden Tage wiederholt wurde. Die Ablesungen geschahen mit dem Kathetometer, die Zehntel wurden geschätzt und mittels Okularmikrometer noch kontrolirt.

Da die benutzten Thermometer ziemlich kurz sind und sich über dem Quecksilberfaden Vakuum befindet, so findet bei der Erwärmung auf 300° Destillation von Quecksilber aus dem Gefässe in die obere Erweiterung statt. In Folge dessen musste nach jeder Erhitzung das Quecksilber wieder zurückgeschafft werden, etwaige Gasblasen mussten durch Aufstossen der Thermometer nach oben und schliesslich in die obere Erweiterung geschafft werden. Es dürfte hierbei wohl möglich sein, dass eine kleine Stelle im Gefässe von Quecksilber frei bleibt, welche vorher mit Quecksilber erfüllt war, und umgekehrt. Hierdurch dürften sich die in der Tabelle A zeigenden grösseren Unterschiede der unter einander stehenden Werthe von t_1, t_2, t_3 erklären, welche den Quecksilberstand vor und nach dem Erhitzen angeben. Dieses Destilliren des Quecksilbers dürfte sich wohl verhindern lassen, wenn man die Thermometer hinreichend lang machen lässt. Die oben befindlichen Erweiterungen gehen in ein Stück Kapillare über; hierdurch wird das Zurückschaffen des Quecksilbers erschwert. Es muss daher bei Herstellung von Thermometern, wie die benutzten, darauf geachtet werden, dass dies obere Stück Kapillare verschmolzen wird. Die Untersuchung wurde ferner erschwert dadurch, dass die Kapillaren der Stabthermometer

ziemlich stark sind. Wegen der Parallaxenfehler hatte daher die Vertikalstellung mit grosser Sorgfalt zu erfolgen.

II. Beobachtungen.

In der folgenden Tabelle befinden sich die Angaben der Nullpunkte kurz nach dem Erhitzen, nach einem Tage und nach mehreren Tagen. Es sind zu vergleichen die Zahlen derselben horizontalen Zeile, nicht die unter einander stehenden Zahlen. Die angegebenen Grade sind sämmtlich positiv.

Tabelle A.

Datum	Nr.	$\frac{v}{V}$	Erwärmung in Graden	Dauer der Erwärmung in Minuten	Eispunkte, nach Ablauf verschiedener Zeiträume nach der Erwärmung						$t_1 - t_3$
					Eispunkt		Eispunkt		Eispunkt		
					nach Min.	in Graden t_1	nach Tagen	in Graden t_2	nach Tagen	in Graden t_3	
1897. 14. April	64	$\frac{1}{6}$	284 bis 324	32	46	1,68	1	1,68	18	1,66	0,02
„ 2. Mai			289 „ 303,5	31	17	1,68	1	1,68	21	1,67	0,01
„ 23. Mai			273 „ 286	33	24	1,73	1	1,73	7	1,72	0,01
„ 30. Mai			315 „ 323	31	15	1,61	1	1,61	14	1,60	0,01
„ 9. Mai	66	$\frac{1}{6}$	289 „ 307	35	19	5,40	1	5,36	7	5,35	0,05
„ 16. Mai			289 „ 303,5	33	19	5,40	1	5,40	11	5,40	0
„ 27. Mai			296 „ 310,5	34	16	5,40	1	5,38 od. 5,40	17	5,38	0,02
„ 14. April	62	$\frac{1}{8}$	282 „ 324,5	32	51	6,33	1	6,34	18	6,33	0
„ 2. Mai			287,5 „ 302	32	24	6,37	1	6,37	25	6,37	0
„ 27. Mai			241,5 „ 267	33	22	6,45	1	6,45	17	6,43	0,02
„ 9. Mai	71	$\frac{1}{8}$	287 „ 305	32	20	11,16	1	11,14	7	11,14	0,02
„ 16. Mai			301 „ 305	32	23	11,16	1	11,16	11	11,16	0
„ 27. Mai			293 „ 307,5	31	19	11,16	1	11,16	18	11,16	0
„ 9. Mai	73	$\frac{1}{8}$	289 „ 306	30	29	11,30	1	11,30	7	11,30	0
„ 16. Mai			293 „ 305	31	21	11,34	1	11,33	11	11,32	0,02
„ 27. Mai			292 „ 313	31	17	11,35	1	11,32	18	11,33	0,02
„ 9. Mai	67	$\frac{1}{10}$	286 „ 305,5	33	22	6,64	1	6,62	7	6,61	0,03
„ 16. Mai			297 „ 305,5	31	22	6,54	1	6,54	7	6,54	0
„ 23. Mai			276 „ 288	33	21	6,60	1	6,60	7	6,60 od. 6,59	0 od. 0,01
„ 30. Mai			311 „ 324	34	17	6,52	1	6,51	15	6,51	0,01
„ 14. April	61	$\frac{1}{10}$	259 „ 321,5	34	50	2,04	1	2,03	11	2,03	0,01
									18	2,03	
„ 14. April	65	$\frac{1}{10}$	294 „ 325	31	57	2,87	1	2,88	18	2,87	0
„ 2. Mai			285 „ 301	32	25	2,90	1	2,90	25	2,90	0
„ 27. Mai			239 „ 303,5	30	16	2,92	1	2,92	17	2,90	0,02
„ 16. Mai	68	$\frac{1}{10}$	294 „ 306	34	27	9,72	1	9,72	7	9,72	0
„ 23. Mai			284 „ 285,5	30	18	9,80	1	9,79	7	9,79 od. 9,80	0,01 od. 0
„ 30. Mai			309 „ 324	31	19	9,67	1	9,67	15	$9{,}66_5$	$0{,}00_5$

Aus der vorstehenden Tabelle ergiebt sich, dass man die vielfach auftretenden grösseren Unterschiede des Standes des Thermometers vor und nach der Erwärmung (die unter einander stehenden Werthe von t_1, t_2, t_3), wie schon erwähnt, wird zurückführen müssen auf die Manipulationen, die nöthig sind, um das in die obere Erweite-

rung destillirte Quecksilber zurückzuschaffen. Dagegen lassen sich wohl vergleichen die Eispunktsbestimmungen, welche zwischen zwei Erwärmungen liegen (in der Tabelle die in einer horizontalen Zeile befindlichen Nullpunkte). Man sieht, dass die Aenderungen $t_1 - t_3$ entweder Null sind oder nur wenige Hundertstel Grade betragen. Bei Nr. 64 findet ein allmähliches Sinken statt von 0,02°; 0,01°; 0,01°; 0,01°, bei Nr. 66 0,05°; 0°; 0,02°. Von den Thermometern, wo $v/V = 1/8$, zeigt Nr. 62 zweimal keine Aenderung, einmal ein Sinken von 0,02°, ebenso verhält sich Nr. 71. Bei den Thermometern, wo $v/V = 1/10$, zeigt sich der Stand des Quecksilbers unverändert oder fast unverändert. Es scheinen die Verhältnisse $1/8$ und $1/10$ günstiger zu sein, als $1/6$. Für die an Thermometer zu stellenden Anforderungen kann man wohl die erreichte Kompensation der thermischen Nachwirkungen als genügend ansehen.

III. Beziehung zwischen der Aenderung des Nullpunktes und den thermischen Nachwirkungen beider Gläser.

Wir bezeichnen das Volumen des Glasstiftes mit v, das Volumen des vom Quecksilber erfüllten Theiles des Gefässes mit V. Für die untersuchten Thermometer ist $v/V = 1/6$, $1/8$ oder $1/10$. Die nach Erwärmung des Thermometers durch Erweiterung des Gefässes $(V + v)$ entstehende Aenderung (Depression) des Nullpunktes betrage $(-y^0)$, die Aenderung (Anstieg) des Nullpunktes durch das Grösserwerden des Glasstiftes betrage z^0. Dann ist die resultirende Aenderung $x = -y + z$.

Durch die thermische Nachwirkung wachse $V + v$ um $(V + v)\tau$ und v um $v\tau'$; dann ist, wenn ein Grad das Volumen C hat

$$\frac{Cz}{Cy} = \frac{v\tau'}{(V+v)\tau}.$$

Wir setzen den Quotienten der thermischen Nachwirkungen $\tau'/\tau = n$, dann ist

$$\frac{y+x}{y} = n\frac{v}{V+v},$$

$$x = -y\frac{V+v-nv}{V+v}.$$

Dasselbe Thermometer mit dem Gefässe $V + v$ ohne Glasstift habe die Volumzunahme $C_1 a$, wo C_1 das Volumen eines Grades, a die Anzahl der Grade ist. Dann ist

$$Cy = C_1 a$$

$$y = a\frac{C_1}{C} = a\frac{V+v}{V}.$$

Dann wird $x = -a[1 - (n-1)v/V]$.

Für Normalglas beträgt nach einer Erwärmung auf 100° die Depression a 0,05°. Die Beziehung zwischen der resultirenden Aenderung x und dem Quotienten der thermischen Nachwirkungen beider Gläser n ergiebt sich für die in Betracht kommenden Volumverhältnisse nach folgender Tabelle.

Tabelle B.

n	$x\left(\text{wenn } \frac{v}{V} = \frac{1}{6}\right)$	$x\left(\text{wenn } \frac{v}{V} = \frac{1}{8}\right)$	$x\left(\text{wenn } \frac{v}{V} = \frac{1}{10}\right)$
9	+ 0,017	0	— 0,010
10	+ 0,025	+ 0,006	— 0,005
11	+ 0,033	+ 0,013	0
12	+ 0,042	+ 0,019	+ 0,005
13	+ 0,050	+ 0,025	+ 0,010

Das Einschlussthermometer Nr. 59, welches aus dem Glase 335^{III} besteht, zeigt, wenn es ungefähr $^1/_2$ Stunde in kochendem Wasser gewesen ist, eine Depression von 0,22° bis 0,23°, der Quotient der thermischen Nachwirkungen von Glas 335^{III} und Normalglas würde also gleich $n = 0{,}22/0{,}05$, somit der Werth von n zwischen 4 und 5 liegen. Diese Zahl ist, wie man aus der Vergleichung der Resultate der Tabelle B mit den beobachteten Nullpunktsänderungen der Tabelle A sieht, zu klein. Nach Tabelle B müsste für die in Tabelle A angegebenen, beobachteten Nullpunktsänderungen die thermische Nachwirkung von Glas 335^{III} im Verhältniss zu der des Normalglases mindestens das 11-fache betragen. Es bedarf diese Frage noch einer näheren Untersuchung und ist zu diesem Zwecke vorzuschlagen, einige Thermometer aus Glas 335^{III} und einige Thermometer aus Normalglas von im Uebrigen gleicher Beschaffenheit in Bezug auf ihre thermische Nachwirkung zu vergleichen. Das untersuchte Thermometer Nr. 59 ist übrigens defekt, die Glashülle ist mehrere Zentimeter oberhalb des Gefässes abgesprungen, und durch in Brand gerathenes Glyzerin ist der obere Theil ganz verbogen. Die Ablesungen dieses Thermometers sind zum Theil mit blossem Auge erfolgt.

IV. Resultate der Untersuchung.

Es scheint die Möglichkeit vorhanden zu sein, durch Herstellung der Thermometergefässe aus Gläsern verschiedener thermischer Nachwirkung Thermometer ohne thermische Nachwirkung zu erhalten.

Besteht das Gefäss aus Normalglas, der eingeschmolzene Glaskörper aus dem Jenaer Glas 335^{III}[1]), so scheint der Werth $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ für das Verhältniss von eingeschmolzenem Glaskörper zu dem übrigen Volumen des Gefässes nahezu richtig zu sein. (Bei Wiederholung der Versuche ist zu empfehlen, die Verhältnisse $^1/_8$, $^1/_{10}$, $^1/_{12}$ zu wählen[2])).

Es scheint in diesem Falle nach Erwärmung auf etwa 300° ein Anstieg von höchstens 0,02° stattzufinden.

Da die Angaben der Thermometer, nach etwa 20 Minuten und nach 2 bis 3 Wochen abgelesen, nur um den angegebenen Betrag im Maximum verschieden sind, so ist damit eine nahe Uebereinstimmung des relativen Ganges der Nachwirkung der beiden Gläser erwiesen.

Da die thermische Nachwirkung des Glases 335^{III} äusserst langsam schwindet, so ist es für sehr genaue Messungen hoher Temperaturen angebracht, an demselben Tage nach Gebrauch des Thermometers eine Nullpunktsbestimmung zu machen.

Ein neuer Arretirungsmechanismus für Präzisionswaagen.

Von

Dr. S. De Lannoy.

Der Zweck, welchen ich mit der Konstruktion der neuen Arretirungsvorrichtung verfolgte, besteht in der Vervollkommnung der Präzisionswaagen hinsichtlich ihrer Stabilität, d. h. hinsichtlich der Unveränderlichkeit der Gleichgewichtslage.

---

[1]) Das Glas 335^{III} hält das Glaswerk zu Jena für die Thermometrie zur Verfügung.

[2]) Aus Tabelle B (sowie aus der Formel, die der Tabelle B zu Grunde liegt) sieht man, dass für ein bestimmtes n die Werthe von x bei kleiner werdendem v/V um immer kleinere Beträge verschieden sind. Es folgt also, dass man den angeschmolzenen Glasstift eher etwas zu klein als zu gross machen soll.

Es ist nicht nöthig, die Wichtigkeit dieses Umstandes noch besonders zu betonen, denn alle diejenigen, welche Präzisionswägungen ausgeführt haben, wissen, dass die erste, gleichzeitig aber auch die am schwersten zu erfüllende Anforderung an eine Waage die Unveränderlichkeit ihrer Gleichgewichtslage ist; die einer gegebenen Belastung entsprechende Gleichgewichtslage muss auf alle Fälle konstant bleiben, wie oft man auch die Waage arretirt oder wieder in Schwingungen versetzt.

Der Grund für die Veränderungen, die man gewöhnlich beobachtet, liegt fast immer in dem Arretirungsmechanismus. Denn Veränderungen des Waagebalkens selbst können, eine gute Konstruktion desselben vorausgesetzt, nur von der ungleichen Ausdehnung der beiden Arme herrühren.

Bei fast allen gebräuchlichen Systemen von Präzisionswaagen mit dreifacher Arretirung (d. h. mit gleichzeitiger Arretirung des Waagebalkens, der Endpfannen und der Schalen) geschieht dieselbe in der Art, dass man die Mittelschneide des Waagebalkens ein wenig aus ihrer Pfanne und die Endpfannen von ihren Schneiden abhebt. Wird alsdann die Waage wieder in Schwingungen versetzt, so liegen zwar die Pfannen aufs Neue auf den Schneiden auf, aber die Berührungspunkte zwischen Schneiden und Pfannen können sich dabei ändern und dies kann eine erhebliche Aenderung in den Angaben der Waage herbeiführen. Dieser letztere Fall muss stets dann eintreten, wenn man nach Abhebung des zu wägenden Körpers von den Schalen an seine Stelle Gewichte setzt (Gauss'sche oder Borda'sche Methode der Wägung). Denn da hierbei die Schwerpunkte der Last und der Gewichte möglicherweise nicht genau in die gleiche Lage in Bezug auf die Aufhängungsachse gelangen, so ändert die Pfanne vor ihrem Aufsetzen auf die Schneide ihre Neigung, ein Umstand, welcher nothwendigerweise Aenderungen der Auflagepunkte herbeiführt.

Es giebt nur ein Mittel, die Unveränderlichkeit der Berührungspunkte praktisch zu verwirklichen; dasselbe besteht darin, überhaupt niemals die Pfannen von den Schneiden abzuheben (beiläufig gesagt, kann man oft beobachten, dass eine einfache chemische Waage einer Präzisionswaage hinsichtlich der Stabilität der Ruhelage überlegen ist). Man befürchtet im Allgemeinen, dass, wenn man die Pfannen und Schneiden dauernd in Berührung lässt, dann eine sehr schnelle Abnutzung der letzteren eintritt; dies ist aber durchaus nicht der Fall. Ich habe lange Zeit mit Waagen gearbeitet, welche diese Anordnung hatten, und habe stets beobachtet, dass sie ihre Zuverlässigkeit ebensolange bewahrten, wie solche Waagen, bei denen die Berührung zwischen Schneiden und Pfannen für die Zeit der Ruhe aufgehoben wurde. Wenn die auf der Schneide ruhende Pfanne nicht mehr belastet ist und nicht schwingt, giebt es keine Abnutzung mehr; die Schneide wird sogar durch die dauernde Berührung weniger ungünstig beeinflusst, als durch den Stoss, welchen sie erhält, wenn man beim Loslassen der Waage die Pfannen auf die Schneide fallen lässt[1]).

Das zu lösende Problem scheint mir demnach darin zu bestehen, eine dauernde Auflagerung der Pfannen auf den Schneiden zuzulassen, indem man die *seitlichen Reibungen* verhindert, welche z. B. bei den Gehängen der einfachen chemischen Waagen vorkommen, und indem man vermeidet, dass die Last auf den Schalen und die Schwingungen der letzteren auf die Schneiden wirken, wenn die Waage nicht mehr benutzt wird.

Ich habe dieses Problem für zwei Arten von Waagen zu lösen versucht, sowohl für die kurzarmige Analysenwaage als auch für Präzisionswaagen ersten Ranges.

[1]) Vgl. Thiesen, *Études sur la balance. Trav. et Mém. du Bur. intern. des Poids et Mesures 5. S. 8. 1886.*

Für die Einrichtung bei einer Waage des ersten Typus, welche vorzüglich arbeitet, möchte ich hier die Beschreibung liefern; gleichzeitig liess ich auch eine Waage der zweiten Art ausführen; falls die Versuchsresultate günstige sind, werde ich hierüber später ebenfalls eine Mittheilung folgen lassen.

Als Arretirungssystem wählte ich für die Laboratoriumswaage ein System mit Kreisbewegung, weil dieses am besten die Arretirungen der verschiedenen Theile in ihrer logischen Reihenfolge auszuführen gestattet (es genügt, den verschiedenen Hebeln passend gewählte Rotationszentren zu geben), und weil dieses System ferner alle Bewegungen mit einer Viertelumdrehung des Exzenters zu vollenden erlaubt, eine Manipulation, die sehr schnell erfolgen kann (für die vertikale Arretirung bedarf es einer halben Umdrehung).

Nach meiner Ansicht müssen die verschiedenen Theile in folgender Reihenfolge arretirt werden:

Beim Arretiren der Waage

1. der Waagebalken, 2. die Endpfannen, 3. die Schalen.

Beim Loslassen der Waage

1. die Schalen, 2. die Endpfannen, 3. der Waagebalken.

Bei der Arretirung mit vertikaler Bewegung, wie sie meist im Gebrauch ist (wohlverstanden, wenn nur ein Exzenter zur Verfügung steht), erfolgen die Arretirungen 1 und 2 immer in umgekehrtem Sinne.

Bei der von mir gewählten Kreisarretirung erfolgen die Arretirungen 1 und 2 gleichzeitig, da ich die Pfannen von den Schneiden nicht mehr abhebe; ich habe indessen eine neue Art der Arretirung angewandt, die ich *Bügelarretirung* („*arrêt des étriers*") nennen möchte; sie erfolgt räumlich zwischen der Arretirung der Endpfannen und derjenigen der Schalen. Eine derart eingerichtete Waage hat also eigentlich vier Arretirungen.



Die Bügelarretirung hat den Zweck, die Endpfannen (und folglich auch die Schneiden) von den auf den Schalen liegenden Gewichten zu entlasten und zu verhindern, dass die Oszillationen der Schalen, welche durch das Manipuliren mit den Gewichten oder den zu wägenden Körpern entstehen, sich bis zu den Schneiden fortpflanzen. Die Pfanne *B* (vgl. die Figur), an welcher der Schalenbügel mittels eines Stiftes direkt befestigt ist, liegt auf zwei Spitzenschrauben *V* auf, deren Verbindungslinie senkrecht zu den Schneiden des Waagebalkens gerichtet ist; Pfanne *B* kann ein wenig angehoben werden. Der mit *B* fest verbundene Stift trägt in *E* eine ebenfalls starr an ihm befestigte Scheibe; sie ruht auf drei Schrauben *F*, die auf dem einen Arm der Arretirung 2 aufsitzen. Im Ruhezustand wird die Scheibe *E* und damit auch die Pfanne *B* durch diese Arretirung 2 etwas angehoben, sodass also die Last die Schneiden des Waagebalkens nicht mehr beeinflussen kann.

Um eine unveränderliche Lage der Pfanne *P* zu sichern, wird sie im Ruhezustand durch zwei sehr spitze Schrauben *D* gefasst, die in die Kerben *A* eingreifen;

letztere sind seitlich an dem die Pfanne *P* haltenden Stück befestigt. Ein Anheben von *P* findet beim Eingreifen der Schrauben *D* nicht statt.

Diese Kerben sind als Kreisbögen mit einem Radius gleich der halben Länge des Waagebalkens geschnitten, sodass bei jeder beliebigen Neigung des Waagebalkens in dem Augenblick, wo die Spitzen des Arretirungsmechanismus in die Kerben eingreifen, die relative Lage der Spitzen und der Kerben die gleiche ist. Bekanntlich ist dies bei der Arretirung mit vertikaler Bewegung nicht der Fall.

Die Konstruktionstheile, welche die einzelnen Arretirungen, nämlich 1. die der Schrauben *D* und des Waagebalkens selbst, 2. diejenige der Schrauben *F* und 3. die Schalen-Arretirung, bethätigen, drehen sich um derart angeordnete Achsen, dass die verschiedenen Hebelarme sehr ungleiche Wege beschreiben. Auf diese Weise werden, wie oben erwähnt, die einzelnen Theile in der folgenden Reihenfolge arretirt: 1. der Waagebalken und die Endpfannen, 2. die Bügel und 3. die Schalen. Natürlich wird die unter 1. angeführte Arretirung mittels einer Welle vorgenommen, die in der Verlängerung der Mittelschneide angeordnet ist.

Bei Verwendung einer gut gearbeiteten Einrichtung der eben beschriebenen Art treten, wenn die Schneiden im Waagebalken fest eingesetzt sind, Aenderungen in der Gleichgewichtslage nicht mehr auf, wie ich durch Versuche an verschiedenen Modellen habe nachweisen können. Die Bewegung aller einzelnen Arretirungen geht sehr rasch vor sich und erfordert nur eine viertel Umdrehung des Exzenters. Im Hinblick auf die guten Resultate sind die Kosten der beschriebenen Konstruktion nur geringe.

Brüssel, im Juni 1897.

Beiträge zur photographischen Optik.

Von
Prof. Dr. **O. Lummer** in Charlottenburg.

(Schluss von S. 239.)

Doppelobjektive mit zwei identischen, zur Blendenmitte symmetrischen Gliedern.

Allgemeine Eigenschaften der Doppelobjektive.

Zu der Zeit, als ausser dem gewöhnlichen, achromatischen zweilinsigen Landschaftsobjektiv und dem Voigtländer-Petzval'schen Porträtobjektiv kein System existirte, welches bei relativ grosser Lichtstärke ausgedehnte Bilder *verzerrungsfrei* und *scharf* lieferte, wurde die photographische Optik durch den zum Typus der Doppelobjektive gehörigen *Aplanat* von A. Steinheil bereichert, welcher jenem Mangel mit einem Schlage ein Ende bereitete.

Wohl waren schon vor dem Aplanaten *symmetrische* Systeme konstruirt worden, welche dank ihrer symmetrischen Anordnung zur Blendenmitte verzerrungsfreie Bilder lieferten. Aber diesen Systemen fehlte die nöthige Lichtstärke, welche dem Aplanat von Steinheil eigen war. Gerade dem letzteren Umstande verdankte der Aplanat und damit der Typus der Doppelobjektive seine schnell erworbene Beliebtheit und Verbreitung. Ehe wir auf die verschiedenen Arten der Doppelobjektive eingehen, wollen wir kurz die Vorzüge schildern, welche *allen* symmetrisch zur Blendenmitte angeordneten Systemen zukommen und welche lediglich die Folge dieser Anordnung, im Uebrigen *unabhängig von der Beschaffenheit des Einzelgliedes* sind.

Dazu betrachten wir die Abbildung eines in der Entfernung der doppelten Brennweite befindlichen Objektes, dessen Bild bekanntlich ebenfalls in doppelter Brennweite entsteht und mit dem Objekte gleiche Grösse besitzt. Bei Benutzung eines Doppelobjektivs sind diesem Bilde auch bei Anwendung nur einer einfachen Linse als Glied des Doppelobjektivs drei Vorzüge eigen:

1. Es ist frei von Verzerrung und dem Objekte vollkommen ähnlich;

2. Es hat die gleiche Grösse für verschiedene Farben, ist also frei von verschiedenfarbiger Vergrösserungsdifferenz;

3. Es ist frei vom *Koma*-Fehler d. h. der einseitige Rest der sphärischen Aberration der schiefen Strahlenbüschel ist beseitigt.

Den Vorzug der Orthoskopie symmetrischer Doppelobjektive haben wir in den beiden ersten Theilen dieses Aufsatzes ausführlich erörtert. In Bezug auf die Beseitigung des Komafehlers lässt sich zeigen, dass jedes Doppelobjektiv die im Meridianschnitt verlaufenden schiefen Büschel mit derselben Genauigkeit und Schärfe vereinigt wie das achsiale Büschel[1]).

Dabei ist aber nicht gesagt, dass nun auch die anderen Strahlen des schiefen Büschels sich in demselben Punkte treffen, in welchem die meridionalen vereinigt werden. Vielmehr bleibt die astigmatische Differenz der schiefen Büschel trotz der symmetrischen Anordnung der beiden Glieder bestehen, gerade wie ein durch ein Prisma gesehener leuchtender Punkt, durch ein zweites umgekehrtes Prisma betrachtet, nicht als Punkt erscheint. Ein symmetrisches Doppelobjektiv wird demnach im Allgemeinen mit *reinem* Astigmatismus *ohne Koma* behaftet sein, wenigstens in Bezug auf die zweiten Hauptebenen, für welche die Vergrösserung minus Eins ist.

Betrachtet man die zwischen den Brennlinien auftretenden kleinsten, hier *kreisförmigen* Querschnitte als die zu den Objektpunkten konjugirten Bilder, so liegen diese im Allgemeinen auf einer gewölbten Fläche. Hängt von der Konstruktion der einzelnen Glieder des Aplanaten die Grösse der astigmatischen Differenz ab, so von der Entfernung der Glieder die Bildwölbung. Im Allgemeinen ist der Verlauf der, dass mit geringerer Entfernung die astigmatische Differenz abnimmt und die Bildkrümmung wächst, dagegen mit zunehmender Distanz der Glieder das Bild mehr und mehr gestreckt wird bei wachsender astigmatischer Differenz.

Was die Beseitigung der Chromasie der Brennweiten oder der verschiedenfarbigen Vergrösserungsdifferenz anlangt, so werde zunächst daran erinnert, dass ein schief auf eine planparallele Glasplatte auffallender Strahl aus derselben als ein *paralleles Bündel verschiedenfarbiger Strahlen* austritt, dessen Richtung parallel zu derjenigen des einfallenden Strahles ist[2]). Wenn trotzdem eine schief zur Sehrichtung gehaltene Glasplatte das Objekt ohne Farbensäume erscheinen lässt, so liegt das daran, dass von jedem Objektpunkt nicht ein einzelner Strahl, sondern ein Bündel von Strahlen zum Bildpunkt gelangt. Fasst man die Strahlen des Bündels als zu einander parallele Strahlen auf, so verlaufen also in *jedem* austretenden Strahl eine ganze Anzahl verschiedenfarbiger Strahlen, von denen ein jeder zu einem anderen Strahl des eintretenden Büschels gehört. Da alle diese Strahlen vom Auge vereinigt werden, so entsteht daselbst die Empfindung von Weiss.

Auf ähnlicher Ursache beruht die Wirkung des Doppelobjektivs, von einem weissen Objekt *gleichgrosse*, farbige Bilder zu entwerfen.

---

[1]) Vgl. S. Czapski, *a. a. O. S. 201 und 202* und Müller-Pouillet, Optik. 9. Aufl. *S. 774 bis 776.*

[2]) Müller-Pouillet, Optik. 9. Aufl. *§ 116. S. 265.*

Denkt man sich die von einem Hauptstrahl getroffenen Zonen der beiden Glieder des Doppelobjektivs ersetzt durch die ihnen äquivalenten Prismen von gleicher Ablenkungsfähigkeit, so kann man dieselben zusammen als eine planparallele Platte auffassen, welche vom Strahle schief durchsetzt wird, da ja beide Ersatzprismen gleichgrosse brechende Winkel und paarweise parallele Flächen haben.

Das von einem Objektpunkt ausgehende weisse Strahlenbüschel können wir aber ferner auffassen als eine unendliche Anzahl verschiedenfarbiger Büschel. In Folge der Dispersion hat der zu jedem farbigen Büschel gehörige *Hauptstrahl*, welcher also die Achse im Mittelpunkt der Blende oder dem „Symmetriepunkt" des Doppelobjektivs schneidet, eine etwas andere Einfallsrichtung. Ganz allgemein gilt aber, dass jeder Hauptstrahl zur ursprünglichen Einfallsrichtung parallel wieder austritt.

Der Annahme gemäss kommen die verschiedenfarbigen Hauptstrahlen eines Büschels von einem in doppelter Brennweite gelegenen Objektpunkt; da diese sämmtlich durch den Symmetriepunkt gehen und jeder parallel zu seiner Einfallsrichtung wieder austritt, so schneiden die austretenden farbigen Hauptstrahlen sich nothwendig in dem zum Ausgangspunkt *konjugirten* Punkte, dem Bildpunkte, welcher nach Gauss ebenfalls in doppelter Brennweite gelegen ist und von der Achse ebensoweit abliegt wie der Objektpunkt. Die *Hauptstrahlen* der verschiedenfarbigen Büschel, in welche man ein jedes weisse Strahlenbündel zerlegt denken kann, schneiden sich somit alle in einem Punkte.

Ist dieser identisch mit dem Vereinigungspunkt bezw. der engsten Einschnürung, z. B. des gelben Strahlenbüschels, so liegt daselbst auch der *Schwerpunkt* der Zerstreuungskreise der rothen, blauen u. s. w. Büschel, während deren Vereinigungspunkte näher oder entfernter liegen können. Sie fallen alle in einem Punkte zusammen, falls jedes Einzelglied des Doppelobjektivs achromatisch ist.

Die verschiedenen Arten von Doppelobjektiven.

Wie schon der von uns gewählte Name ausdrücken soll, kommt bei den *Doppelobjektiven* zweimal dasselbe Einzelglied vor, sodass der Strahlengang ganz derselbe bleibt, wenn statt des zweiten Gliedes das Blenden-*Loch* spiegelnd wäre. Daraus folgt zugleich, dass diejenigen Fehler durch die Verdoppelung nicht eliminirt werden können, welche wie die Chromasie der Schnittweiten, die sphärische Aberration, der Astigmatismus u. s. w. nur durch Kompensation entgegengesetzt wirkender Faktoren zu beseitigen sind.

Alle die zuletzt genannten Fehler müssen also schon im *einzelnen* Gliede des Doppelobjektivs vermieden werden, sollen sie im Doppelobjektiv die punktweise Vereinigung der achsialen und schiefen Büschel nicht illusorisch machen. Demgemäss hängt der Fortschritt des symmetrischen Doppelobjektivs lediglich ab von der Verbesserung der Einzelobjektive, soweit sie als Glieder eines Doppelobjektivs verwendbar sind.

Ohne Zweifel steht nichts im Wege, jedes Objektiv, sei es das Portraitobjektiv von Petzval, der Antiplanet von Steinheil oder der Anastigmat von Zeiss, als Glied eines Doppelobjektivs zu verwenden. Eine zweite wichtige Frage ist nur die, ob es lohnt, behufs Gewinnung der jedem Doppelobjektiv zugehörigen Vortheile die Nachtheile in den Kauf zu nehmen, die eine Verdoppelung des einfachen Objektivs mit sich bringt. Ordnete man zum Beispiel zwei Zeiss-Anastigmate symmetrisch zur Blendenmitte an, wodurch man die aplanatischen Vorzüge mit den anastig-

matischen verknüpfte, so würde ausser den vielen Reflexionen, der damit zusammenhängenden Lichtschwächung und den durch sie verursachten Spiegelflecken das Sehfeld durch die Länge des Systems ein sehr kleines werden, in dem noch dazu die Helligkeit von der Mitte zum Rande schnell abnimmt.

In der Praxis kommen nur die aus *verkitteten* Linsen bestehenden Einzelobjektive als Glieder eines Doppelobjektivs in Betracht. So vielerlei *Einzelobjektive* wir also besitzen, so viel Arten von Doppelobjektiven können vorhanden sein und sind auch thatsächlich vorhanden. Als Einzelobjektive haben wir aber kennen gelernt

1. die einfache Sammellinse,
2. den zweilinsigen Altachromaten,
3. den zweilinsigen Neuachromaten,
4. das dreilinsige verkittete Objektiv mit anastigmatisch geebnetem Bildfelde,
5. das vierlinsige verkittete Objektiv mit anastigmatisch geebnetem Bildfelde.

Doppelobjektiv Nr. 1: Als einfachster Repräsentant des Doppelobjektivs Nr. 1 kann die *Vollkugel* (Fig. 5 *S. 217*) mit enger zentraler Blende angesehen werden. Dieselbe kann man sich aus 2 Halbkugeln I und II zusammengesetzt denken, welche in ihrem mittelsten Theile *a b* verkittet und bis auf diesen abgeblendet sind. Hier tritt weder Brechung noch Dispersion der Hauptstrahlen ein.

Dem Vollkugelobjektiv am nächsten kommt die *Panoramalinse* von Sutton (1859). Bei ihr ist der Hohlraum der eine Vollkugel bildenden Einzellinsen mit Wasser gefüllt.

Das beste aus einfachen Linsen gebildete Doppelobjektiv Nr. 1 ist das *Periskop* (Fig. 19) von Steinheil (1865). Wegen seiner relativ grossen Lichtstärke bei einer „künstlerischen", mässigen Unschärfe, wegen seiner Billigkeit und wegen der grossen „Brillanz" der Bilder wurde dem *Periskop* seit 1890 wieder grössere Beachtung geschenkt und seine Fabrikation von Neuem aufgenommen.

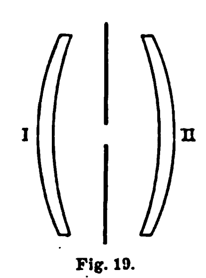
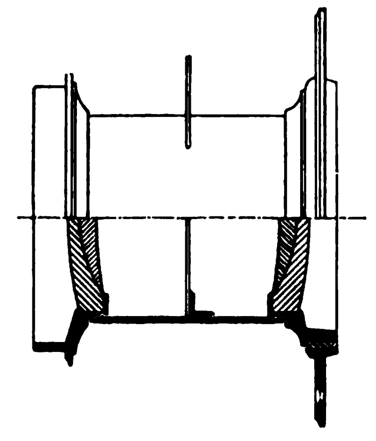


Fig. 19.


Fig. 20.

Doppelobjektiv Nr. 2: Harrison's *Kugelobjektiv* und Busch's *Pantoskop* gehören, wie der Steinheil'sche *Aplanat* (Fig. 20), zu dem Typus Nr. 2 der Doppelobjektive mit dem *Altachromaten* als Einzelglied.

Mit Ausnahme des Steinheil'schen Aplanaten sind die übrigen bisher genannten Doppelobjektive nur bei sehr *kleinem* Oeffnungsverhältniss zu verwenden, da sie für grössere Blenden schon den Achsenpunkt unscharf abbilden.

Um mit den natürlichen Vorzügen des Doppelobjektivs in Folge der symmetrischen Anordnung seiner Glieder zur Blendenmitte noch denjenigen der Lichtstärke zu verbinden, musste man von der Anwendung nicht achromatischer Linsen absehen. Aber auch die starke Krümmung wie beim Kugelobjektiv von Harrison und dem Pantoskop von Busch musste fallen gelassen und zur Verwendung schwach gekrümmter Menisken geschritten werden, sollte die sphärische Aberration für grössere Oeffnungen einen geringen Betrag erreichen und das Bild noch möglichst eben sein. Mit der Aufhebung der sphärischen und chromatischen Abweichung und der Einhaltung der vorgeschriebenen Brennweite sind aber alle disponiblen Elemente eines verkitteten Achromaten erschöpft, und da beim symmetrischen Doppelobjektiv beide

Glieder genau gleich sind, so kommt als verfügbares Element beim Aplanat nur noch die Entfernung beider Glieder und die Wahl der Glassorten hinzu.

Sollte den genannten Objektiven gegenüber ein Fortschritt erzielt werden, so musste dem *einzelnen* Gliede alle Sorgfalt zugewandt und dasselbe aus solchen Gläsern konstruirt werden, dass das ganze System für ein möglichst grosses Oeffnungsverhältniss korrigirt war und auch für schiefe Büschel von grosser Oeffnung geringe Anomalien zeigte. Diese Bedingungen, so gut als es die damaligen Gläser erlaubten, schon im Jahre 1866 erfüllt zu haben, ist das Verdienst Adolph Steinheil's.

Der von ihm benutzte Achromat bestand aus zwei Fraunhofer'schen Flintgläsern und hatte die Form eines Meniskus. Selbstverständlich verwendet man heute zur Konstruktion des Einzelgliedes vom Aplanaten ebenfalls die neuen Jenaer Gläser.

Je nach der Wahl der Gläser und der hierdurch bedingten Form des Achromaten unterscheidet man verschiedene Aplanattypen. Beim lichtstarken Gruppenaplanat ist der Achromat für relativ grosse Oeffnung sphärisch korrigirt und die Glieder haben einen ziemlich grossen Abstand von einander, während beim Weitwinkelaplanat die Distanz der für schiefe Büschel geeigneteren, lichtärmeren Glieder so klein als zulässig gewählt wird.

Wie es gemäss der Zahl der verwendeten Elemente und der Art des Achromaten zu erwarten ist, kann der Aplanat weder in Bezug auf den Astigmatismus noch auf die Bildwölbung korrigirt werden. Wohl aber lässt sich durch Entfernung der Glieder das Bild entweder zu Gunsten der Bildebenung oder der Anastigmasie verbessern. Um bei grösserem Oeffnungsverhältniss die Bildwölbung zu mildern, wird man eine grosse Distanz wählen (vgl. *S. 234*), während man bei kleiner Blende und grossem Sehfelde durch geringe Distanz der Glieder den Astigmatismus möglichst gering zu machen sucht.

Seit 1886 baut Steinheil geradezu Aplanate mit *variablem* Abstande beider Glieder, welche bei voller Oeffnung und geringem Abstande als lichtstarke Gruppenaplanate, dagegen bei kleiner Oeffnung und grossem Abstande als Weitwinkelobjektiv arbeiten und somit in gewissem Umfange die einzelnen Aplanattypen in sich vereinigen.

Der Erfolg einer solchen Entfernungsänderung spricht deutlich dafür, dass selbst besten Falls mittels des Aplanattypus keine vollkommen punktweise Strahlenvereinigung zu erreichen ist. Denn der Vorgang ist hier ein ähnlicher wie bei der einfachen oder achromatischen Landschaftslinse mit Vorderblende, wo durch Verschieben der Blende eine Lagenänderung der Bildorte und hierdurch eine künstliche Bildstreckung erzielt werden kann, weil die Strahlenvereinigung *keine* punktweise ist (vgl. *S. 216*).

Jedenfalls aber bedeutete der Aplanat, welcher winkelgetreue Zeichnung und Bildausdehnung mit grosser Lichtstärke verbindet, einen grossen Fortschritt gegenüber den damals vorhandenen Objektiven.

Von den übrigen Objektiven, welche zum Typus des Aplanaten gehören, seien nur erwähnt das *Euriskop* von Voigtländer, die Görz'schen *Lynkeioskope*, das *Pantoskop* von Hartnack und der *Rectilinear* von Dallmeyer. Wegen der übrigen zahlreichen Namen, unter denen der Aplanattypus verbreitet ist, sei auf das Werk von J. M. Eder, Die photographischen Objektive, ihre Eigenschaften und ihre Prüfung (Halle a. S., Verlag von Wilhelm Knapp 1891. *S. 104*) verwiesen.

Doppelobjektiv Nr. 3: Eine besondere Stellung unter den aus zweilinsigen Gliedern zusammengesetzten Aplanaten nehmen die Schroeder'sche *concentric lens*[1])

---

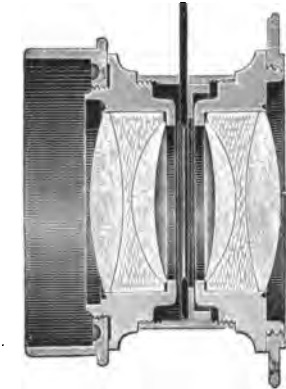
[1]) *Ross-Concentric lens*, von Dr. Schroeder, *Englische Patentschrift Nr. 5194* vom Jahre 1888;

und der Miethe'sche *Anastigmat*[1]) ein. Sie repräsentiren das Doppelobjektiv Nr. 3, welches aus zwei *Neuachromaten* besteht. Da die Linsen verkittet sind, stehen auch hier wie beim Altachromaten nur drei Radien zur Verfügung. Freilich ist beim Neuachromaten die Bildebenung nahezu schon durch die Wahl der Gläser erreicht (vgl. *S. 230*). Zur Aufhebung des Astigmatismus ist aber auch hier kein Element vorhanden, da durch Verdoppelung des Neuachromaten zum Doppelobjektiv nicht wie beim Verbinden eines Neu- mit einem Altachromaten im Zeiss'schen Anastigmat von Rudolph (*S. 236*) eine positive und negative Kittfläche erzielt wird. Wie die Erfahrung lehrt und auch unsere schematische Darstellung es voraussagen lässt, können diese Doppelobjektive infolge Fehlens der *entgegengesetzt wirkenden Kittflächen* nicht gleichzeitig sphärisch, chromatisch und anastigmatisch geebnete Bilder liefern[2]). Indem Schroeder die konzentrische Form wählte, erhielt er zwar gute Bildebenung und geringen Astigmatismus, dafür ist diese Form aber in Bezug auf die sphärische Korrektion im Nachtheil, auf welche umsomehr Nachdruck gelegt werden muss, als der Neuachromat ohnedies nicht so gut sphärisch zu korrigiren ist wie ein Altachromat.

Erst ganz neuerdings, nachdem es in Folge des bei den Zeiss'schen Anastigmaten angewendeten Rudolph'schen Prinzips auch möglich geworden war, schon mittels drei oder vier *verkitteter* Linsen eine genügende anastigmatische Bildebenung zu erzielen, stand auch der Ausführung „anastigmatischer Aplanate" nichts mehr im Wege. Darunter werde verstanden ein System, welches durch symmetrische Konstruktion die jedem Aplanaten eigenen Vorzüge verbindet mit denen des Zeiss'schen Anastigmaten.

Doppelobjektiv Nr. 4: Bei diesen Doppelobjektiven besteht das Einzelglied aus einem *dreilinsigen*, verkitteten Objektiv, welches schon an und für sich mehr oder weniger sphärisch und chromatisch korrigirt ist und anastigmatisch geebnete Bilder liefert.

1. *Doppelanastigmat* von C. P. Görz: Das *erste* Objektiv dieser Art wurde im Jahre 1893 von C. P. Görz nach den Rechnungen des Hrn. von Hoegh unter dem Namen *Doppelanastigmat* auf den Markt gebracht[3]). Dasselbe ist in Fig. 21 abgebildet. Nach den Angaben des Görz'schen Kataloges[4]) hat der Doppelanastigmat bei einem Oeffnungsverhältniss $F/7{,}7$ einen Bildwinkel von 70 Grad und bei kleinerer Oeffnung einen solchen bis zu 90 Grad. Der Typus der dreilinsigen Hälften ist *S. 238* besprochen worden, weswegen wir betreffs der Einzelheiten hierauf verweisen. In Bezug auf die Ge-


Fig. 21.

Photogr. News 1889. S. 316. Die Objektive kamen erst 1892 in den Handel; vgl. *The new concentric lens, British Journ. of Photography Nr. 1669, 30. April 1892.*

[1]) A. Miethe, Der Anastigmat. Vogel's *Photogr. Mitth.* **25.** *S. 123* und *173 bis 174.*

[2]) Nachdem Dr. Miethe in seinem Buche „Photogr. Optik", *S. 87* hervorgehoben hat, dass sich auch bei den von uns „Neuachromate" genannten Objektiven die Achsenaberrationen auf kleine Beträge reduziren und mit ihnen Aplanate von genügender Lichtstärke herstellen lassen, fährt er wörtlich fort: „Die nach diesen Prinzipien ausgeführten und *Anastigmate* genannten Linsenkombinationen sind noch mit gewissen Fehlern behaftet, welche sowohl mechanischer wie optischer Natur sind. Einmal nämlich mussten die Distanzen der Linsen verhältnissmässig sehr gross genommen werden, zweitens war die Behebung des Astigmatismus nicht über das ganze Bildfeld hin möglich, und drittens war das benutzte Crownglas für photographische Zwecke nicht genügend wetterbeständig".

[3]) Vgl. *S. 239 Anmerk. 1* im vorigen Heft.

[4]) Vgl. den englischen Katalog von C. P. Görz, *S. 11,* welchem auch die Fig. 21 entlehnt ist

sammtleistung war der Doppelanastigmat entschieden ein bedeutender Fortschritt gegenüber dem gewöhnlichen Aplanaten. Inwieweit die Leistung desselben, verglichen mit der des Zeiss'schen Anastigmaten (Fig. 16), aus *fünf* Linsen bestehend, erhöht ist, darüber ist in der Literatur noch kein endgültiges, allgemein anerkanntes Urtheil zu finden.

Ist in der Görz'schen Patentschrift als zweiter Anspruch auch die Verwendung des einzelnen Gliedes vom Doppelanastigmaten als Einzelobjektiv ausgesprochen, so hat jedoch der Doppelanastigmat hauptsächlich als *Gesammtsystem* seinen Ruf erworben und konnte bei seinem Erscheinen als *bestes* (*symmetrisches*) *Doppelobjektiv* bezeichnet werden.

2. *Satzanastigmat Ser. VI a* von Carl Zeiss: Die auf *S. 237 ff.* erwähnten dreilinsigen Anastigmatlinsen der Firma Carl Zeiss lassen sich mit grossem Vortheil zu je zweien zu symmetrischen Objektiven zusammensetzen. Der aus zwei dreilinsigen Gliedern *gleichgrosser* Brennweite gebildete *Satzanastigmat* fällt äusserlich mit dem Typus des Doppelanastigmaten zusammen. Da die Einzelglieder für sich so gut als möglich korrigirt sind, ist es für die Leistung des Doppelobjektivs „Satzanastigmat Ser. VI a" bezüglich Schärfe und anastigmatischer Bildebenung praktisch ganz gleichgiltig, ob dasselbe aus zwei gleich- oder ungleichbrennwerthigen Gliedern (Fig. 22) zusammengesetzt ist. Infolge davon lassen sich mit einer Anzahl von zwei, drei oder mehreren Nummern der Einzelobjektive Ser. VI sehr gute *anastigmatische* Objektivsätze (Anastigmatsätze Ser. VI a) kombiniren.



Fig. 22.



Fig. 23.

3. *Collinear* von Voigtländer & Sohn: Das in Fig. 23 abgebildete Collinear, welches von Dr. Kaempfer berechnet wurde[1]), ist ähnlich dem Doppelanastigmat zusammengesetzt aus zwei gleichen dreifachen Einzelgliedern. Jedes Einzelglied besteht aber aus einer mittleren konvexkonkaven Sammellinse von *niedrigem* Brechungsquotienten, verkittet mit zwei Linsen von *höherem* Index, von denen die der Blende zugekehrte bikonkav, die andere bikonvex ist. Es ist auf solche Weise ebenfalls eine *sammelnde* und eine *zerstreuende* Kittfläche vorhanden, wie es die Herstellung der *anastigmatischen Bildebenung* verlangt. Gleichwohl ist auch hier das Einzelglied noch der Gesammtleistung untergeordnet. Als Doppelobjektiv ist das Collinear nach den Angaben des Verfertigers für eine Oeffnung von etwa $F/7$ gut sphärisch korrigirt und besitzt ebenfalls eine gute anastigmatische Ebenung bei grosser Winkelausdehnung.

4. *Orthostigmat Typus II* von C. A. Steinheil Söhne: Der in Fig. 24 abgebildete Orthostigmat, Typus II, ist von C. A. Steinheil Söhne ganz neuerdings[2]) in den Handel gebracht worden. Demselben Typus angehörend wie das Collinear, besteht er gleichfalls aus zwei Gliedern von je drei verkitteten Linsen, bei denen

[1]) *Photogr. Korr. 1894. S. 495.* Katalog von Voigtländer & Sohn über „Collineare".

[2]) In Bezug auf die Zeit des Erscheinens giebt der neueste Katalog (1896) von C. A. Steinheil Söhne Auskunft.

die mittlere *kleineren* Brechungsindex hat, wie die *äusseren* Linsen. Die Details der Konstruktion sind in *The British Journ. of Photographie 1896. S. 489* veröffentlicht.



Fig. 24.

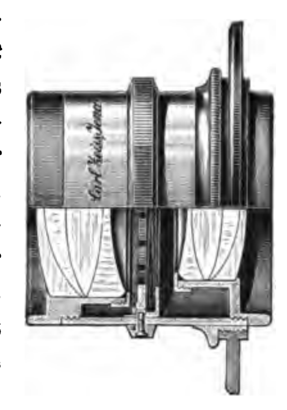


Fig. 25.

Doppelobjektiv Nr. 5: Diese Doppelobjektive respräsentirt der *Satzanastigmat Ser. VIIa* von Carl Zeiss, welcher aus zwei *vierlinsigen*, gleich oder ungleich brennwerthigen Gliedern besteht und in letzterer Form in Fig. 25 abgebildet ist. Da beim vierlinsigen Gliede die theoretische Möglichkeit zur Erzielung anastigmatischer Bildebenung eine vollkommenere ist, wie bei den dreilinsigen Objektiven, so kommt den Satzanastigmaten Ser. VIIa auch eine theoretisch höhere Leistungsfähigkeit zu. In Bezug auf die Korrektion des Einzelgliedes (Ser. VIIa) gilt hier erst recht das vom Satzanastigmat Ser. VIa Gesagte, sodass sich mit verschiedenen Nummern der Einzelobjektive Ser. VII sehr gute Anastigmatsätze kombiniren lassen[1]), welche dementsprechend rasch in Aufnahme gekommen sind.

Mit dem *achtlinsigen* Satzanastigmaten Ser. VIIa scheint die Verbesserung photographischer Objektive nach der Richtung hin zu einem gewissen Abschluss gelangt zu sein, welche bezweckt, die neuen Jenaer Gläser nutzbar zu machen unter Verwendung des von Rudolph ausgesprochenen anastigmatischen Korrektionsprinzips, sei es im Einzelobjektiv, im Doppelobjektiv oder in den Objektivsätzen.

Schluss. Wenn ich versucht habe, die gesammte photographische Optik in kurzem Umriss zu skizziren und die verschiedenen Objektivarten wenigen Gruppen unterzuordnen, so bin ich mir dessen wohl bewusst, dass solches Beginnen nicht auf einmal vollkommen gelingen kann. Es bedarf noch mancher rechnerischen Arbeit und vor Allem experimenteller Prüfungen, um die gelassenen Lücken auszufüllen und der schematischen Darstellung eine reale Unterlage zu geben.

Ueber die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive.

Von
Dr. **M. von Rohr** in Jena.

Es gilt seit langer Zeit als feststehend, dass zur Erzielung der Freiheit von Distortion die Erfüllung der Tangentenbedingung nothwendig ist, oder, wie es von Herrn S. Czapski[2]) ausgedrückt wird: „das Verhältniss der trigonometrischen Tangenten der Winkel, welche entsprechende Hauptstrahlen in Bild und Objekt mit der Achse einschliessen, muss ein constantes sein“.

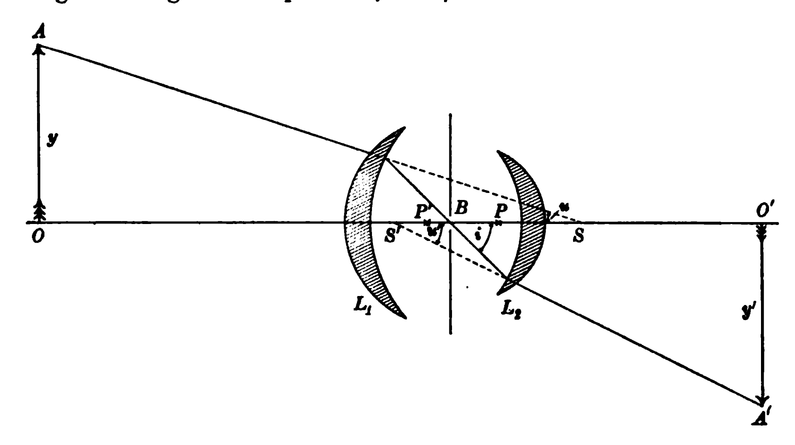
Das Ziel der nachfolgenden Untersuchung soll nun sein, festzustellen, inwieweit diese Bedingung nothwendig und hinreichend sei.

[1]) Näheres siehe: Dr. Rudolph, Der neue Satzanastigmat $f/6{,}3$ der Firma Carl Zeiss in Eder's *Jahrbuch 1896. S. 216*, sowie in den diesbezüglichen Katalogen von Zeiss.

[2]) Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Breslau, E. Trewendt 1893. *S. 111.*

Zu diesem Zwecke nehmen wir, um den allgemeinsten Fall einzuschliessen, ein aus den Linsenkombinationen L_1 und L_2 bestehendes System an (vgl. die Fig.), welche sich vor und hinter der zunächst einmal punktförmig angenommenen Mittelblende B befinden. Ein dieselbe unter dem Winkel i gegen die Achse durchsetzender Hauptstrahl bilde vor Eintritt in das System mit der Achse den Winkel u, nach dem Verlassen den Winkel u'.

Nun ist es bekannt, dass von einem auf der Achse in $(n+1)f$ Entfernung vom vordern Hauptpunkte entfernten Objektpunkte O in $f+f/n$ Entfernung vom hinteren Hauptpunkte ein Bild auf der Achse in O' entworfen wird, und zwar ist dann die Lateralvergrösserung im Bildpunkte $\beta = 1/n$.



Wir machen nun die Annahme, dass wir bei der Einstellung des Bildes y' des in O befindlichen endlich ausgedehnten Objekts y auf die Bildmitte, also auf O scharf einstellen, d. h. die Mattscheibe an den Ort O' bringen. Alsdann erhalten wir die Bildpunkte senkrecht zur Achse da, wo die entsprechenden von den Objektpunkten A unter den Winkeln u ausgehenden Hauptstrahlen nach dem Verlassen des Systems unter den Winkeln u' die Mattscheibenebene durchstossen, nämlich in den Punkten A'.

Bilden wir jetzt für endliche Achsenabstände das Verhältniss y'/y, so muss dasselbe stets

$$\frac{y'}{y} = \frac{1}{n}$$

sein, gleichgültig für welche Abstände (y', y); dann und nur dann ist das System verzeichnungsfrei.

Betrachten wir nun einmal genauer, in welcher Weise der Durchgang der Hauptstrahlen vor sich geht, so sehen wir unmittelbar, dass die die Blende passirenden Hauptstrahlen vor dem Passiren nicht monozentrisch sind, dass vielmehr das Büschel der Hauptstrahlen im Allgemeinen mit sphärischer Aberration behaftet angenommen werden muss, soll es nachher die Innenblende passiren können. Ein Gleiches gilt natürlich von dem Hauptstrahlenbüschel nach dem Austritt aus dem System.

Um nun diese Eigenschaft der Büschel, vor Eintritt und nach Verlassen des Systems mit sphärischer Aberration behaftet zu sein, in Erscheinung treten zu lassen, führen wir die Bezeichnungen

$$\xi = OP; \quad \xi' = O'P'; \quad \delta = SP; \quad \delta' = S'P'$$

ein. Es sind alsdann ξ und ξ' die Abszissen konjugirter Achsenpunkte von den bezüglichen Pupillenorten für achsennahe Strahlen und δ und δ' sind die Beträge der sphärischen Längsaberrationen für den Innenwinkel i.

Alsdann erhalten wir die für jedes u bezw. u' gültigen Gleichungen

$$y = (\xi + \delta)\, tg\, u$$
$$y' = (\xi' + \delta')\, tg\, u'$$
$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta'}{\xi + \delta} \cdot \frac{tg\, u'}{tg\, u}.$$

Man ist nun ohne weiteres im Stande, eine Reihenentwicklung für die verschiedenen von der Hauptstrahlneigung abhängigen Grössen einzuführen, und zwar empfiehlt es sich aus Gründen der Symmetrie, den Innenwinkel i als unabhängige Variable zu wählen. Man erhält dann

$$\xi' + \delta' = \xi' + e_2' i^2 + e_4' i^4 + \ldots$$
$$\xi + \delta = \xi + e_2 i^2 + e_4 i^4 + \ldots$$
$$\frac{tg\, u'}{tg\, u} = \gamma + g_2 i^2 + g_4 i^4 + \ldots$$

Diese Reihenentwicklungen können nur nach geraden Potenzen von i fortschreiten, da ihr Werth vom Vorzeichen von i unabhängig ist.

In Folge dessen ergiebt sich

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta'}{\xi + \delta} \cdot \frac{tg\, u'}{tg\, u} = \frac{\xi'}{\xi} \gamma \frac{1 + \varepsilon_2' i^2 + \varepsilon_4' i^4 + \ldots}{1 + \varepsilon_2 i^2 + \varepsilon_4 i^4 + \ldots} (1 + \gamma_2 i^2 + \gamma_4 i^4 + \ldots),$$

wobei die Grössen ε_k', ε_k, γ_k aus e_k', e_k und g_k durch Division mit ξ', ξ und γ entstanden sind.

Natürlich lässt sich der ganze von i abhängige Theil der Entwicklung als eine einzige nach geraden Potenzen von i fortschreitende Reihe schreiben, sodass

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta'}{\xi + \delta} \cdot \frac{tg\, u'}{tg\, u} = \frac{\xi'}{\xi} \gamma\, (1 + \omega_2 i^2 + \omega_4 i^4 + \ldots).$$

Aus dieser Form sieht man denn auch, dass der Werth von y'/y eine Funktion ist von dem Innenwinkel i und von den Grössen ξ und ξ', die ja noch in die Koëffizienten ω_k eingehen.

Nun sind natürlich ξ und ξ' nicht unabhängig von einander, sondern es besteht zwischen f/ξ und f/ξ' eine lineare Beziehung, und ausserdem wird für Strahlen in der Nachbarschaft der Achse, wo i klein von erster Ordnung wird, y' zu

$$\left(\frac{y'}{y}\right)_0 = \frac{1}{n} = \frac{\xi'}{\xi} \gamma,$$

wo γ, wie aus dem Früheren zu ersehen, der Werth des Konvergenzverhältnisses für beide Pupillen ist. Es sind mithin die Koëffizienten ω_k abhängig von der Reduktionszahl n.

Beschränkt man sich in erster Annäherung auf die 2. Potenzen von i bei der Betrachtung der Verzeichnung, was um so eher angängig ist, als die in Betracht kommenden Winkel i wohl in allen Fällen unter 57° bleiben, also kleiner sind als 1, so kann man die Bedingung stellen

$$\omega_2 = 0$$

und aus dieser Gleichung diejenige Vergrösserung $\bar{n}$ ableiten, für welche in erster Annäherung die Verzeichnung aufgehoben ist.

Sehr einfache Ueberlegungen zeigen, dass

$$\omega_2 = \varepsilon_2' - \varepsilon_2 + \gamma_2$$
$$= \frac{e_2'}{\xi'} - \frac{e_2}{\xi} + \frac{g_2}{\gamma}.$$

Setzt man nun $\omega_2 = 0$ und benutzt $\frac{1}{n} = \frac{\xi'}{\xi}\gamma$, so erhält man

$$\gamma e_2' - \frac{e_2}{n} + g_2 \xi' = 0.$$

[illegible] nun noch ein

$$\xi' = \frac{f}{n} + k',$$

wo die im Allgemeinen positiv zu rechnende Entfernung des hinteren Brennpunktes von der Austrittspupille ist, so folgt aus

$$\gamma\, e_2' - \frac{e_2}{n} + \frac{g_2 f}{n} + g_2 k' = 0$$

ein bestimmter Werth von $\bar{n}$, nämlich

$$\bar{n} = -\frac{g_2 f - e_2}{g_2 k' + \gamma\, e_2'},$$

vorausgesetzt, dass nicht Zähler und Nenner gleichzeitig verschwinden, und $\bar{n}$ in der unbestimmten Form $\frac{0}{0}$ erscheint.

Das heisst, bei jedem Systeme lässt sich im Allgemeinen eine und nur eine Reduktionszahl $\bar{n}$ finden, für welche die Verzeichnung in erster Annäherung gehoben ist, auch wenn die Tangentenbedingung nicht erfüllt ist.

Ist dieselbe aber erfüllt, wie man das bei den *unsymmetrischen Doublets* zu erreichen strebte, so verschwindet natürlich g_2 identisch, und es wird alsdann

$$\bar{n} = \frac{e_2}{\gamma\, e_2'},$$

bleibt also noch abhängig von dem Betrage der sphärischen Aberration des Hauptstrahlenbüschels in den beiden Systemen. Soll ω_2 *identisch* für *jeden* Werth n verschwinden, so ist es hinreichend, dass jeder der drei Koëffizienten e_2', e_2 und g_2 für sich allein gleich Null wird; nothwendig ist nur das Bestehen der beiden Gleichungen

$$g_2 f = e_2 \text{ und } g_2 k' = -\gamma\, e_2'.$$

Beachtet man, dass $\gamma = -\frac{f}{k'}$, so lässt sich die zweite schreiben

$$g_2 f = \gamma^2 e_2',$$

und es erscheint, wie schon oben erwähnt, $\bar{n}$ in der unbestimmten Form $\frac{0}{0}$, d. h. das System ist in erster Annäherung verzeichnungsfrei für beliebige Reduktionen n.

Wir sprachen stets von der Hebung der Verzeichnung in erster Annäherung; es ist dazu zu bemerken, dass man durch Bestimmung von $\omega_2 = 0$ nicht nothwendig die beste Aufhebung der Verzeichnung über ein grösseres Bildfeld erhält, dieselbe wird vielmehr dadurch erreicht werden, dass man

$$\omega_2 = \varepsilon$$

so bestimmt, dass

$$\varepsilon\, i^2$$

das entgegengesetzte Vorzeichen von

$$\omega_4 i^4 + \omega_6 i^6 + \ldots$$

erhält. Es bestimmt dann der Werth von ε natürlich den Werth von $i = \bar{i}$, für welchen vollkommene Freiheit von Verzeichnung besteht. Der Charakter der Verzeichnung ist dann für Winkel $i < \bar{i}$ der entgegengesetzte wie für solche $i > \bar{i}$. Eine einfache Ueberlegung zeigt nämlich, dass alle nicht radial gegen den Achsenpunkt gerichteten Geraden in der Ebene der Einstellung abgebildet werden, auf der Bildebene in Kurven, welche ihre konvexe Seite gegen die Achse kehren, wenn

$$\omega_2 i^2 + \omega_4 i^4 + \ldots > 0$$

und ihre konkave Seite, wenn < 0. Die erstere der beiden Arten nennt man (*cushion shaped distortion*) kissenförmige, die letztere (*barrel shaped distortion*) tonnenförmige Verzeichnung.

Die Verzeichnung bei speziellen Typen photographischer Objektive.

1. Das aus zwei kongruenten Systemen bestehende symmetrische Objektiv, der Aplanat.

Hier tritt der das System verlassende Hauptstrahl unter dem gleichen Winkel $u = u'$ wieder aus, unter dem er in dasselbe eintrat, es ist mithin für alle Winkel u

$$\frac{tg\, u'}{tg\, u} = 1.$$

Die Beträge der sphärischen Aberration der beiden Einzelsysteme für den Blendenmittelpunkt sind der Natur der Sache nach auch gleich, $\delta' = \delta$, mithin

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta}{\xi + \delta}.$$

Man sieht aus dieser Form sofort, dass der Werth $\bar{n}$, für welchen $\frac{y'}{y}$ von δ unabhängig ist, erreicht wird, wenn

$$\xi' = \xi$$

oder für

$$n = 1.$$

Die in diesem Falle erreichte Verzeichnungsfreiheit ist dabei keine in erster Annäherung geltende, sondern gilt strenge für jeden Winkel u.

Für *jeden* andern Werth von n verzeichnet der Aplanat, wenn $\delta \gtrless 0$, wie fast stets angenommen werden kann. Da die Punkte P und P' hier mit den Knotenpunkten und, da vorderes und hinteres Medium gleich sind, mit den Gauss'schen Hauptpunkten zusammenfallen, so ist

$$\xi = n\,\xi',$$

mithin

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi/n + \delta}{\xi + \delta} = \frac{1}{n} + \frac{(n-1)}{n} \cdot \frac{\delta}{\xi + \delta}.$$

Ist nun wie gewöhnlich für solche Einzelsysteme

$$\delta > 0,$$

so ist

$$\frac{y'}{y} > \frac{1}{n}, \text{ also kissenförmige Verzeichnung für } n > 1,$$

$$\frac{y'}{y} < \frac{1}{n}, \text{ „ tonnenförmige „ „ } n < 1,$$

und wenn man

$$\delta < 0$$

annimmt, so ist

$$\frac{y'}{y} > \frac{1}{n}, \text{ also kissenförmige Verzeichnung für } n < 1,$$

$$\frac{y'}{y} < \frac{1}{n}, \text{ „ tonnenförmige „ „ } n > 1.$$

Jetzt sind noch die Fälle möglich, in denen für wachsende Werthe von u der Werth von δ sein Zeichen wechselt, also entweder aus dem Negativen in das Positive übergeht, oder umgekehrt. Einen solchen Fall theilte z. B. Hr. D. Kaempfer[1]) jüngst mit.

In diesem Falle besteht für jede von 1 verschiedene Vergrösserung n im Bildfelde eine dem Winkel $\bar{u}_{\delta=0}$ entsprechende kreisförmige Zone, welche um $\xi'\, tg\, \bar{u}_{\delta=0}$ vom Achsenschnittpunkt absteht und in der die für den Achsenpunkt geltende Reduktionszahl n wieder erreicht wird. Innerhalb dieser Zone, also für Winkel $u < \bar{u}_{\delta=0}$,

[1]) Neue Objective der Firma Voigtländer & Sohn für photogrammetrische Zwecke. *Eder's Jahrbuch f. Phot. u. Rep.* ***11.*** ***S. 247. 1897.***

hat die Verzeichnung den nach dem vorigen leicht bestimmbaren, von n abhängigen Charakter, der der entgegengesetzte der Aussenzone $u > \bar{u}_{\delta=0}$ ist.

Schliesslich kommen wir noch auf die Frage zu sprechen, ob es gänzlich verzeichnungsfreie Systeme unter den Aplanaten giebt; dies ist offenbar dann und nur dann der Fall, wenn δ für *jeden* Werth von u verschwindet. Solcher Systeme sind mir nur zwei bekannt, nämlich:

Th. Sutton's *Panoramic lens*, eine mit Wasser angefüllte Glashohlkugel mit Zentralblende, und

H. Schroeder's[1]) Kugellupe, eine von konzentrischen Flintschalen umgebene Crownglaskugel.

Letzteres System gehört natürlich nur insoweit hierher, als der äquatoriale Einschliff tief genug gebracht ist, um die Abblendung in wirksamer Weise herbeizuführen und dadurch die Annahme einer bestimmten Blendenebene zu ermöglichen.

2. Das aus zwei ähnlichen Systemen bestehende hemisymmetrische Objektiv, die Satzlinsenkombination.

Hier sind die beiden Einzelsysteme in verschiedenen Dimensionen ausgeführt und auch in diesem Verhältniss zur Blende aufgestellt, sodass wir homologe Dimensionen s des Vordergliedes aus denen s' des hinteren Systems erhalten durch

$$s = \nu s'.$$

Da nun, wie man sich leicht überzeugt, wieder wie im Falle 1 die Beziehung

$$u' = u$$

gilt, so erhalten wir wiederum

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta}{\xi + \nu\delta},$$

d. h. die Verzeichnung verschwindet für das ganze Bildfeld, sobald

$$\xi = \nu \xi'$$

wird. Da auch hier wieder die Pupillen Knotenpunkte sind, so ergiebt sich der Satz: Für ein aus den beiden Systemen von den Dimensionen νs und s gebildetes hemisymmetrisches Objektiv verschwindet die Verzeichnung, sobald die Reduktionszahl $n = \nu$ wird.

Der Einfluss des Vorzeichens von δ auf die Verzeichnung bei Reduktionen $n \gtrless \nu$ lässt sich in einer der vorhergehenden durchaus analogen Weise auch in diesem Falle durchführen.

3. Das Einzelobjektiv mit Vorderblende, die Landschaftslinse.

In diesem Falle verschwindet δ völlig — die Eintrittspupille fällt mit der Vorderblende zusammen — und i wird zu u; wir erhalten demnach

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta'}{\xi} \cdot \frac{tg\, u'}{tg\, u} = \frac{\xi'}{\xi} \gamma \, (1 + \omega_2 u^2 + \omega_4 u^4 + \ldots).$$

Setzen wir einmal

$$\frac{tg\, u'}{tg\, u} = \gamma - \varepsilon,$$

so ist ε wohl bei den meisten unter 3. fallenden Systemen eine positive, mit u wachsende Grösse. Benutzt man die Beziehung

$$\frac{\xi'}{\xi} \gamma = \frac{1}{n},$$

[1]) H. Schroeder, Die Elemente der photographischen Optik. Berlin, Oppenheim 1891. *S. 179.*

so ergiebt sich

$$\frac{y'}{y} = \frac{\xi' + \delta'}{\xi}(\gamma - \varepsilon) = \frac{1}{n}\left(1 - \frac{\varepsilon}{\gamma}\right) + \frac{\delta'}{\xi}(\gamma - \varepsilon)$$
$$= \frac{1}{n}\left(1 - \frac{\varepsilon}{\gamma}\right) + \frac{1}{n} \cdot \frac{\delta'(\gamma - \varepsilon)}{f + \frac{k}{n}}.$$

Aus dieser Form geht sofort hervor, dass der Werth von $\frac{y'}{y}$ für die Praxis mit genügender Genauigkeit dargestellt wird durch

$$\frac{y'}{y}\text{ app.} = \frac{1}{n}\left(1 - \frac{\varepsilon}{\gamma}\right),$$

da das folgende Glied klein von höherer Ordnung wird. Wir erhalten also den mit der Erfahrung gut übereinstimmenden Satz: Landschaftslinsen haben im Allgemeinen — d. h. wenn $\varepsilon > 0$ — eine tonnenförmige Verzeichnung.

Der Werth der Vergrösserung $\bar{n}$, für welche bei der Landschaftslinse die Verzeichnung in erster Annäherung aufgehoben ist, ergiebt sich leicht aus der allgemeinen Form, wenn man beachtet, dass $e_2 = 0$ ist, zu

$$\bar{n} = -\frac{f}{k' + \gamma\frac{e_2'}{g_2}}.$$

Erwägt man, dass im Allgemeinen $\gamma\frac{e_2'}{g_2}$ gegenüber k' nur geringes Gewicht hat, und dass $\gamma = -f/k'$ ist, so lässt sich der Ausspruch rechtfertigen, dass bei der Landschaftslinse für Objekte nahe der Blende in den virtuellen Bildern die Verzeichnung in erster Annäherung aufgehoben ist.

Die Bemühungen um Aufhebung der Verzeichnung sind alt, und man glaubte die Frage durch Erfüllung der Tangentenbedingung erledigt. Die vorstehende Darlegung zeigt aber, dass die Konstanz des Tangentenverhältnisses die nothwendige und hinreichende Bedingung für Verzeichnungsfreiheit eines Linsensystems *nur dann* ist, wenn die Iris des Systems nach *beiden* Seiten hin durch das Büschel der Hauptstrahlen *aberrationsfrei* abgebildet wird. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, so ist die Konstanz des Tangentenverhältnisses weder die zureichende noch die notwendige Bedingung der Verzeichnungsfreiheit.

Mit der Frage der Verzeichnungsfreiheit beschäftigten sich in letzter Zeit die Herren O. Lummer[1]) und D. Kaempfer[2]), während Herr E. Abbe in einer mündlichen Besprechung die Thatsache theoretisch begründete, dass der Grad der Verzeichnung auch beim symmetrischen Objektive im Allgemeinen von der Objektentfernung abhängt, und nur für $\bar{n} = 1$ stets Verzeichnungsfreiheit vorhanden ist. Er gab damit auch die Anregung zu der vorstehenden Untersuchung. Eine eingehende Darstellung der Entwickelung der Ansichten über die Distortion hoffe ich in nächster Zeit erscheinen zu lassen.

---

[1]) In den beiden, diesem vorangehenden Heften dieser Zeitschrift und gelegentlich der Neuauflage und Bearbeitung des 2. Bandes von Müller-Pouillet's Physik.

[2]) *a. a. O.*

Zur Geschichte der Distanzmessung.

Von
E. Hammer.

Als weitern Nachtrag zu meiner Notiz in *dieser Zeitschr. 12. S. 155. 1892* möchte ich noch mittheilen, dass schon etwas vor Green das Prinzip des heute wichtigsten Distanzmessers, des Okularfadendistanzmessers mit konstantem Fadenabstand und demnach veränderlichem Lattenabschnitt, von James Watt, dem Dampfmaschinenbauer, *praktisch benutzt* worden war. In der Biographie Watt's, *„Life of James Watt“* von James Patrick Muirhead (neue Ausgabe 1859, 3 Bände) findet sich eine Notiz von Watt selbst über diese seine Erfindung, nach der er schon im Jahre 1771 bei den Vorarbeiten für den Tarbert- und den Crinan-Kanal die optische Distanzmessung nach dem angedeuteten Prinzip praktisch verwendet hat. (Ich bin auf diese Notiz aufmerksam gemacht worden durch die Schrift: van Ornum, *Topographical Surveys, their methods and value.* Madison, Wisconsin 1896, wo sie sich *S. 354 bis 357* abgedruckt findet; ich gebe sie hier in Uebersetzung.)

„Dieses Instrument wurde etwa 1770 oder 1771 hergestellt. Jedenfalls erinnere ich mich, es für die Aufnahmen zum Crinan- und Gilp- und zum Tarbert-Kanal benutzt zu haben, ebenso zu den Vorarbeiten zu dem Kanal von Inverness zum Fort William, jetzt der Caledonische Kanal genannt. Die erste Messung wurde im Jahre 1772 ausgeführt[1]), die zweite im Jahre 1773; im Jahre 1772 habe ich das Instrument Herrn Smeaton vorgezeigt.

„Mein Fernrohr hatte ein Objektiv von 12 und ein Okular von $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite, demnach 8-fache Vergrösserung. Im Fokus des Okulars waren zwei horizontale und ein vertikaler Faden befestigt; die beiden ersten waren etwa $\frac{1}{10}$ Zoll von einander entfernt, so gut als möglich parallel und senkrecht zum dritten Faden. Auf der Latte war eine runde, weisse Scheibe von etwa 8 Zoll Durchmesser und mit einer 1 Zoll starken rothen horizontalen Linie durch die Mitte, ungefähr einen Fuss über dem untern Lattenende befestigt; eine zweite ähnliche Scheibe konnte an der Latte auf- und abbewegt und so eingewiesen werden, dass die zwei Horizontalfäden des Fernrohrs mit den rothen Linien der beiden Lattenscheiben übereinstimmten, während der vertikale Faden parallel zur Längsrichtung der Latte gestellt worden war. Wenn diese Stellung der obern Scheibe bei 20 *chains*[2]) Entfernung der Latte auf ebenem Grund und Boden erreicht war, so wurde, nach Feststellung der obern Scheibe, der Abstand zwischen den beiden Scheiben in 20 gleiche Theile, je 1 *chain* entsprechend, zerlegt; bei meinem Instrument war ein solcher Theil auf der Latte $4\frac{1}{2}$ Zoll lang. Für Entfernungen über 5 *chains* war diese Theilung in gleiche Theile hinreichend genau, für kürzere Strecken aber nicht. Es wurden deshalb in Entfernungen von je 1 *chain* Pflöcke geschlagen, auf ihnen die Latte aufgesetzt und so die entsprechenden Striche gezogen, was sich auch mit Rücksicht auf die mit veränderter Entfernung veränderliche Fernrohrlänge empfiehlt.

„Da an den Theilstrichen der Latte die ihnen entsprechende Entfernung in *chains* angeschrieben wurde, so war, um eine gewünschte Entfernung zu finden, nur ein Messgehülfe mit der Latte in den Endpunkt dieser Strecke zu schicken und durch Zeichen, die ihm gegeben wurden, die obere Scheibe so einzuweisen, dass, während der untere Faden den rothen Strich der untern Scheibe deckte, dies auch bei der

[1]) Nach Muirhead ein Jahr früher, das genannte Jahr ist nach ihm das des *Berichts* über diese Messung. Anm. des Uebers.

[2]) 1 *chain* = 66 *feet* = 20,1166 *m*. Anm. des Uebers.

obern Scheibe für den obern Faden der Fall war; sodann konnte an der Lattentheilung die Entfernung abgelesen werden. Ich fand, dass die Entfernung auf weniger als $^1/_{100}$ ihres Betrages genau erhalten werden konnte und bin überzeugt, dass sie mit stärker vergrösserndem Fernrohr entsprechend genauer gefunden werden könnte. Die gewöhnlich von mir benutzte Latte war 12 Fuss lang und ich konnte also damit 30 *chains* messen, ein Verlängerungsstück auf der Latte gestattete auch die Messung noch grösserer Entfernungen; für noch grössere Strecken spannte ich ein Messband horizontal aus, drehte das Teleskop um seine Achse, sodass der vorhin vertikal stehende Faden parallel zu dem Messband zu liegen kam, und befestigte nun eine Zielmarke am einen Ende des Messbands, während eine zweite so weit dem Band entlang verschoben wurde, dass der Abstand der beiden Marken genau zwischen die zwei nun vertikal stehenden Fäden passte. Mass man dann diese Messbandstrecke mit Hülfe der Latte (in Lattentheilen) ab, so erhielt man ebenfalls wieder die Entfernung. Jedoch wurde von diesem Verfahren selten Gebrauch gemacht, da die zu messenden Enfernungen selten über $^1/_2$ *mile*[1]) oder 40 *chains* hinausgingen.

„Es ist klar, dass dieses Instrument den Vortheil besitzt, alle Entfernungen mit derselben Genauigkeit zu messen, so lange nicht bei grossen Entfernungen die Unvollkommenheit der Zielung hinderlich wird, weil die Skalenlänge, an der die Entfernung abgelesen wird, in demselben Maasse wie die Entfernung wächst; auf unebenem Boden ist das Verfahren genauer als die Kettenmessung, und es ist sehr werthvoll zur Messung von Entfernungen zwischen zwei Anhöhen oder über Wasserflächen hinweg, wo man die Kette nicht gebrauchen kann. Das habe ich bei meinen Messungen am westlichen Loch Tarbert erfahren, dessen Nordufer stark zerschnitten und so felsig ist, dass man daselbst nur selten einige Ketten in gerader Linie messen kann.

„Ich zeigte mein Instrument damals allen Bekannten, unter andern, wie schon erwähnt, Herrn Smeaton; und ich gebrauchte es auch überall öffentlich bei meinen Messungen, sodass Viele Kenntniss davon erhielten, obgleich ich nichts darüber veröffentlicht habe. Einem Herrn Green ist von der *Society of Arts* 1778 für dieselbe Erfindung ein Preis zuerkannt worden, wie mir Herr Smeaton mittheilte, der auch die Gesellschaft von meinen Ansprüchen unterrichtete; ich benachrichtigte auch das Comité davon, was ich in dieser Sache gethan hatte und zu welcher Zeit. Trotzdem gab die Gesellschaft Herrn Green den Preis, dessen Erfindung oder Anwendung der Methode doch später als die meinige war; vielleicht weil er ein Instrument mit stärkerer Fernrohrvergrösserung (nämlich 40) angewandt hat und grössere Entfernungen messen konnte, wie mir gesagt wurde, auch mit grösserer Genauigkeit. Ich reklamirte nicht weiter, da ich augenscheinlich bei dieser Gesellschaft doch nicht zu meinem Recht gekommen wäre; und da ich den Federkrieg verabscheue, so verwandte ich mich auch sonst nirgends, obgleich damals genug Leute die Berechtigung meiner Ansprüche hätten bestätigen können."

Zu dieser eigenen Mittheilung des grossen Ingenieurs ist irgend ein Kommentar überflüssig. Interesse wird, ausser der Thatsache, dass Watt mehrere Jahre vor Green den Fadendistanzmesser benutzte, besonders die Genauigkeitsangabe finden, ferner der Umstand, dass Watt auch bereits das Prinzip der Horizontallatte aufstellte (sein horizontales Messband), das neuerdings wieder so vielfach versucht wurde und wird (Euthymeter u. s. f.).

[1]) 1 englische Land-Meile = 80 *chains* = 1609 *m* rund (40 *chains* genauer = 804,66 *m*).
Anm. des Uebers.

Referate.

Vorschläge für die Aufstellung von Spiegelteleskopen.

Von F. L. O. Wadsworth. *Astrophys. Journ. 5. S. 132. 1897.*

Da bei Anwendung des Coelostaten und Siderostaten zu astrophysikalischen Untersuchungen eine viel grössere spiegelnde Fläche nöthig ist, wie bei einem direkt auf das Objekt gerichteten Teleskop und ausserdem bei dem schiefen Einfall der Strahlen viel Licht verloren geht, so hat man immer wieder auf die parallaktische Aufstellung zurückgegriffen, wie bequem es auch ist, wenn die Lichtstrahlen immer in derselben Richtung in den Spektralapparat kommen. Diesen letzteren Vorzug in Verbindung mit der parallaktischen Aufstellung zeigt unter den Refraktoren bekanntlich das Loewy'sche gebrochene Aequatoreal (*coudé*), wo der Lichtstrahl stets in der Richtung der Polarachse in das Auge des Beobachters kommt. Der verstorbene A. C. Ranyard war, wie Verf. uns berichtet, bemüht, eine ähnliche Aufstellung auch für das Spiegelteleskop zu ersinnen, damit der Beobachter statt in einer offenen Kuppel in einem geschlossenen Raum, bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit arbeiten könnte, was z. B. bei spektrobolometrischen Untersuchungen, zumal bei Benutzung eines Steinsalzprismas, ein Haupterforderniss ist.

Sehr interessant ist die vom Verf. gemachte Bemerkung, dass Ranyard, um die Kuppel zu vermeiden, das Teleskop mit einem konzentrischen Tubus umgeben wollte, der sich mit dem Fernrohr bewegen sollte, ohne direkt mit ihm verbunden zu sein, eine Idee, die bekanntlich bei dem Riesenfernrohr auf der vorjährigen Berliner Gewerbeausstellung ausgeführt war. Die Aufstellung sollte die englische sein. Das Fernrohr sollte in einer Gabel hängen, welche mit ihren oben und unten geschlossenen Enden auf dem Pfeiler aufläge und die Richtung der Polarachse hätte. Die Deklinationsachse für das Mantelrohr sollte die Deklinationsachse für das eigentliche Fernrohr konzentrisch umschliessen. Freilich hätte mit dem Fernrohr nicht der ganze Himmel bestrichen werden können, da es hierbei an den Pfeiler gestossen wäre.

Ein auf den grossen Spiegel fallender Lichtstrahl wurde nach dem Ranyard'schen Projekt wie bei dem Cassegrain'schen Fernrohr auf einen kleinen konvexen Spiegel geworfen und von diesem, statt wie bei dem letztgenannten Typus in eine konzentrische Oeffnung des grossen Spiegels, auf einen kleinen, im Durchschnitt der Polarachse und Deklinationsachse liegenden Planspiegel, der ihn in der Richtung der mit einer Höhlung versehenen Polarachse reflektirte. Durch eine automatisch wirkende Vorrichtung sollte dieser kleine Planspiegel, wenn das Fernrohr in Deklination bewegt würde, sich um den halben Winkel bewegen. Die verschiedenen Schlüssel zur Klemmung und Feinbewegung sollten durch die hohle Polarachse seitlich vom Strahlenkegel hindurchgeführt sein.

Um die unvollständige Beweglichkeit des Fernrohres zu vermeiden, schlägt Verf. vor, das Fernrohr in eine offene starke Gabel am oberen Ende der Polarachse zu hängen und die Lichtstrahlen durch die hohle Polarachse nach unten statt nach oben werfen zu lassen. Der kleine Planspiegel kann hierbei entweder im Fernrohrtubus wie beim Ranyard'schen Projekt oder hinter demselben sitzen, in welch' letzterem Falle der grosse Spiegel wie beim Cassegrain'schen Fernrohr eine zentrale Oeffnung haben muss, durch welche die vom kleinen Konvexspiegel reflektirten Strahlen fallen, bevor sie von dem kleinen Planspiegel in die Polarachse geworfen werden.

Bei all diesen in Vorschlag gebrachten Aufstellungsarten treffen aber für gewisse Stellungen des Fernrohres die Strahlen sehr schräg auf den kleinen Planspiegel, sodass dieser unter Umständen durch einen grösseren ersetzt werden muss, wenn nicht etwa noch bedeutendere Aenderungen sich nöthig machen. Verf. erörtert daher noch einen Vorschlag, bei dem allerdings dieser Uebelstand behoben ist, freilich aber noch ein zweiter Planspiegel gebraucht wird.

Das Fernrohr befindet sich hier wiederum am oberen Ende der Polarachse, aber nicht in ihrer direkten Verlängerung, sondern seitlich, wie bei der deutschen Aequatoreal-Auf-

stellung, und ist durch ein Gegengewicht am andern Ende der Deklinationsachse ausbalancirt. Die Strahlen, welche auf den grossen Spiegel fallen, werden nach dem kleinen konvexen Spiegel am offenen Rohrende reflektirt, von diesem nach dem ersten kleinen Planspiegel, der sich in der Deklinationsachse, unter 45° gegen dieselbe geneigt, befindet, und von diesem nach dem zweiten, ihm parallel gerichteten kleinen Planspiegel am oberen Ende der Polarachse, der sie durch die letztere nach unten wirft. Die beiden kleinen Planspiegel spielen dieselbe Rolle wie die beiden Spiegel im Loewy'schen gebrochenen Aequatoreal.

Aus Gründen der Sparsamkeit empfiehlt Verf., dieselbe parallaktische Montirung für mehrere optische Instrumente zu verwenden, 1. für einen nach der letztangegebenen Art aufgestellten Reflektor, nur dass die Strahlen zuletzt in der Richtung der Polarachse nach oben reflektirt werden sollen, 2. für einen am unteren Ende der Polarachse in einer Gabel befindlichen Polar-Heliostaten, dessen Achse in der Polarachse steckt und mit dieser rotirt, und der die auffallenden Strahlen in der Richtung dieser Achse nach unten reflektirt, 3. für einen Coelostaten, der in der Mitte der an dieser Stelle frei liegenden Polarachse auf einer dieselbe umgebenden Büchse sitzt und, während diese Büchse, was sich leicht erreichen lässt, mit der halben Geschwindigkeit der durch sie hindurchgehenden Polarachse rotirt, die auffallenden Strahlen horizontal immer nach derselben Richtung zurückwirft.

Ein Spiegel von 150 *cm* Durchmesser, welchen Ritchey im optischen Laboratorium der Yerkes-Sternwarte anfertigen will, soll eine der vom Verf. besprochenen neuen Aufstellungsarten erhalten. *Kn.*

Ueber die Vorzüge der Reflektoren über die Refraktoren von grossen Dimensionen bei astrophysikalischen Untersuchungen.

Von George E. Hale. *Astrophys. Journ. 5. S. 119. 1897.*

Die relativen Vorzüge der Reflektoren und Refraktoren sind schon oft gegen einander abgeschätzt worden. Für direkte Beobachtung sind, zur Zeit wenigstens, die Refraktoren wegen der grösseren Schärfe der Bilder den Reflektoren überlegen. Bei den Reflektoren hat man bisher nicht jene Schärfe der Bilder erreicht, hauptsächlich wohl wegen der Biegung des Spiegels durch die Schwere und wegen seiner ungleichförmigen Ausdehnung durch die Temperatur. Jenem Uebelstand müsste durch eine grössere Dicke des Spiegels im Verhältniss zur Flächenausdehnung und durch eine bessere Unterstützung abzuhelfen gesucht werden, diesem durch Herstellung einer homogenen Glasmasse, die wie auf der Vorderfläche so auch auf der Rückfläche zu poliren und zu versilbern wäre.

Bei den astrophysikalischen Untersuchungen ist meist eine sehr grosse Schärfe des Bildes nicht nothwendig. Das Zittern eines Sternbildchens auf dem Spalt infolge der Unruhe der Atmosphäre ist so bedeutend, dass ein etwaiger Rest sphärischer Aberration dagegen nicht in Betracht kommt. Für die Schärfe einer Spektrallinie kommt es überdies nur auf die Breite des Spaltes an, wenn diese einmal kleiner ist als der Durchmesser des durch die Luftunruhe vergrösserten Sternscheibchens.

Insbesondere sind es aber nach dem Verf. folgende Vorzüge, die einen Reflektor für einen Astrophysiker zu dem vollkommeneren Instrument machen.

In erster Linie ist hier die vollkommene Strahlenvereinigung hervorzuheben. Beim 36-zölligen Refraktor der Lick-Sternwarte liegen die Brennpunkte für D_3 und H_δ nicht weniger als 81,5 *mm* auseinander, und bei dem 40-zölligen Yerkes-Refraktor musste auf eine Verschiebbarkeit des Kollimatorspaltes um 150 *mm* Bedacht genommen werden. Will man ein Objekt wie die Sonnenprotuberanzen im Licht verschiedener Wellenlängen sehen, so muss immer erst eine neue Fokusirung erfolgen. Die Untersuchung eines Sternspektrums, insbesondere die Vergleichung der Intensitäten von Absorptionslinien, ist wegen der fortwährenden Neueinstellungen mit grosser Umständlichkeit und Schwierigkeit verknüpft. In verschiedenfarbigem Licht erscheinen die Objekte in einem Refraktor in verschiedener Vergrösserung, sodass z. B. Photographien der Sonnenkorona, die im Licht von verschiedener Wellenlänge gemacht sind, vor ihrer Vergleichung erst auf eine gemeinsame Skale reduzirt

werden müssen. Bei Bestimmung der Farbe eines Sternes im Refraktor führt die chromatische Aberration leicht zu einem falschen Urtheil. Bei Arbeiten mit dem Bolometer, Radiomikrometer und der Thermosäule ist ein einheitlicher Brennpunkt für sämmtliche Strahlen unerlässlich. Ein Reflektor kann ohne jede Umänderung sowohl für direkte Beobachtung wie zur Photographie benutzt werden, beim Refraktor muss bekanntlich entweder die eine Linse durch eine andere vertauscht oder umgedreht werden, oder es muss noch eine dritte hinzugenommen werden, sei es vor das Objektiv oder in den Strahlenkegel.

Bezüglich der optischen Kraft ist bei mässigen Dimensionen ein Refraktor allerdings einem Reflektor von gleichem Durchmesser überlegen. Nimmt man wenigstens mit dem Verf. das Objektiv von der Farblosigkeit und Durchsichtigkeit an, wie die aus dem Jenaer Glastechnischen Laboratorium stammenden Gläser für das neue Potsdamer 80 *cm*-Objektiv, so ist bis zu 87 *cm* Durchmesser ein Objektiv, dessen Dicke zu $^1/_6$ bis $^1/_7$ seines Durchmessers angenommen ist, einem Spiegel sowohl im Bereich der sichtbaren wie der photographischen Strahlen überlegen, das Objektiv lässt einen grösseren Prozentsatz von Strahlen hindurchfallen, als der Spiegel reflektirt. Von 87 bis 134 *cm* Durchmesser hat der Reflektor hinsichtlich der sichtbaren Strahlen den Vorzug grösserer optischer Kraft, bei noch grösserem Durchmesser auch hinsichtlich der photographischen Strahlen. Setzt man weniger vortreffliche Gläser voraus, so ändert sich das Urtheil natürlich zu Gunsten des Reflektors. So fand Robinson vor mehreren Jahren, dass schon von 90 *cm* Oeffnung ab der Reflektor auch für die chemisch wirksamen Strahlen dem Refraktor vorzuziehen sei. Im Gebiet der ultrarothen Strahlen ist der Reflektor allein zu brauchen, denn gerade diese Strahlen werden von ihm sehr vollkommen zurückgeworfen, während ein Objektiv sie sehr stark absorbirt.

Bei der Vergleichung von Objektiv und Spiegel von gleichem Durchmesser darf man nicht vergessen, dass ein Spiegel viel leichter und etwa für den 25. Theil der Kosten herzustellen ist wie ein Objektiv, und zweifellos ist man viel grössere Spiegel als Objektive herzustellen im Stande. Die grössten Objektive, welche in letzter Zeit geschliffen worden sind, haben etwa 100 *cm* Durchmesser, der im Jahr 1845 vollendete Spiegel des Lord Rosse 180 *cm*.

Auch für die Fälle, wo kurze Brennweite bei grosser Oeffnung gebraucht wird, wie z. B. bei der Sternphotographie, zeigt sich ein Reflektor geeigneter als ein Refraktor, denn ein zweilinsiges Objektiv wird gewöhnlich nicht in einem grösseren Verhältniss der Oeffnung zur Brennweite als $^1/_{14}$ hergestellt, $^1/_8$ würde sicher die Grenze der Herstellbarkeit überhaupt sein, während bei Spiegeln selbst das Verhältniss $^1/_4$ noch vorkommt. Allerdings ist das Gesichtsfeld dann ein sehr beschränktes. Beim photographischen Doublet, welches von diesem Fehler frei ist, kommen natürlich, wenn man es in grossen Dimensionen ausführen will, die Nachtheile der Refraktoren in erhöhtem Maasse zur Erscheinung. *Kn.*

Betrachtungen über Seismographen.

Von G. Vicentini und G. Pacher. *Atti del R. Istit. Veneto di scienze* (7). **7.** *S. 385. 1895/96.*

Ueber Apparate zum Studium der Schwankungen des Erdbodens.

Von G. Vicentini. *Ebenda* (7). **8.** *S. 207. 1896/97.*

Bei verschiedenen Gelegenheiten hat es sich gezeigt, dass die guten Seismographen, mit langen Pendeln und schweren Massen, wie solche z. B. in Rom und in Rocca di Papa aufgestellt sind, jene Bewegungen unvollständig registriren, welche von entfernten Epizentren stammen, und zwar bleibt immer der den rascheren Vibrationen der Erdkruste entsprechende Theil der Bewegung unverzeichnet. Dagegen sind Vicentini und Pacher der Ansicht, dass die Mikroseismographen vollständigere Daten liefern und, nachdem sie diese ihre Ansicht begründen, geben sie in der ersten der angezeigten Mittheilungen die Verbesserungen bekannt, welche sie an einem solchen in Padua installirten Apparat angebracht haben. Diese bestehen in der Verlängerung des Pendels bis auf 3,36 *m* und in der Vermehrung der Abwickelungsgeschwindigkeit der Registrirtrommel, die auf 15 *mm* in der

Minute gebracht wurde. Das so verbesserte Instrument erwies sich jedoch noch immer als praktisch unvollständig, indem die Zusammenstellung der zwei verzeichneten Komponenten zur wirklichen Bewegung grosse Mühe und Zeitverlust verursachte. Man musste die erhaltenen Kurven photographisch vergrössern und dadurch entstanden Unsicherheiten, welche zum Schlusse führten, dass, wenn die Apparate, welche zwei Horizontalkomponenten der Bewegung verzeichnen, die Zeiten der verschiedenen Bewegungsphasen genau angeben, sie sich anderseits nicht dazu eignen, ein gutes Bild der Arten der Bewegung der Erdkruste zu liefern. Daraus entsteht die Nothwendigkeit, nebst dem Apparat mit zwei Komponenten noch einen solchen zu verwenden, der die unzerlegte Bewegung der Pendelmasse und der Erdkruste angiebt.

Um die Bewegung der Pendelmasse vergrössert zu erhalten, wenden die Verfasser einen Pantographen aus Aluminium an, der den Schreibapparat des Mikroseismographen ersetzt.

In der zweiten Abhandlung erörtert Vicentini die Nothwendigkeit, sich über die Wahl der Instrumente, behufs Gewinnung vergleichbarer Resultate, zu einigen.

Zu diesem Zwecke untersucht er die Verzeichnungen mehrerer Instrumente, die gelegentlich verschiedener Erdbeben gewonnen wurden, und formulirt dann folgende präzise Schlussfolgerungen:

1. Der Mikroseismograph mit kurzem Pendel (1,50 *m*) eignet sich vorzüglich für die eingehende Untersuchung von Undulationen, die auch während einer einzigen seismischen Bewegung sehr verschiedene Perioden aufweisen. Solche Apparate geben oft Bewegungen von sehr entfernten Epizentren an, welche von den Apparaten mit sehr langen Pendeln nicht gefühlt werden.

2. Kurze Pendel geben sehr markirte Diagramme, die bei langen Pendeln fehlen.

3. Da die Bewegungen der ersten Phase eines Erdbebens von sehr weitem Epizentrum die rascheren sind, so bleibt deren Registrirung bei langen Pendeln oft aus, bei Mikroseismographen niemals.

4. Die Angaben der Mikroseismographen in Siena und Padua haben sich als sehr gut vergleichbar erwiesen, was bei anderen Apparaten nicht der Fall ist.

5. Die Mikroseismographen eignen sich sehr gut für das Studium der sehr langsamen periodischen Bewegungen.

6. Sehr lange Pendel empfehlen sich dort, wo die nöthige Stabilität der Aufstellung gesichert ist.

7. Die Angaben von sehr langen Pendeln erscheinen wegen der grossen Reibung und der Tendenz, eine eigene Bewegung nach erfolgtem Stosse anzunehmen, manchmal unwahrscheinlich.

E. G.

Apparat zur Veranschaulichung der Entstehung der Passate.

Von Hans Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **10.** *S. 124. 1897.*

Mit der Achse *A* (Fig. 1), die in die Schwungmaschine eingesetzt wird, ist das Metallstück *a* fest verbunden, an dem der Kegelmantel *K* aus Blech angelöthet und der messingene Träger *t* der selbstthätigen Tropfvorrichtung befestigt ist. Diese besteht aus dem Glasröhrchen *g*, das unten durch ein mit einem feinen Ausflussröhrchen versehenes Stöpselventil *v* verschlossen ist, dessen Kegel mittels des Scharniers *r* an einem kleinen bei *o* drehbaren Winkelhebel hängt. Das genau zentrirte Glasröhrchen *g* wird mit einer alkoholischen Eosinlösung gefüllt. Der lothrechte Arm des Winkelhebels trägt die verstellbare Messingkugel *m*. Beim Drehen der Schwungmaschine wird durch die Einwirkung der Fliehkraft das Stöpselventil *v* geöffnet, die Flüssigkeit tropft auf die Spitze des Kegels und fliesst, wenn nach rechts gedreht wird, in der durch die punktirte Linie angedeuteten Bahn nach abwärts, die der Richtung der Passate auf der nördlichen Halbkugel entspricht. Es ist ungünstig, statt des Kegels einen sphäroïdischen Körper zu benutzen. Gegen die umherspritzende Flüssigkeit schützt der Glaszylinder *C*, der in der ringförmigen Blechrinne *R* steht. Diese ist auf dem gusseisernen

Arme *B* befestigt, der mittels des Schraubenbolzens *b* und der Flügelschraube *s* an dem Gestelle *G* der Schwungmaschine festgeschraubt ist. Preis des Apparates mit selbstthätiger Tropfvorrichtung 31 M., mit einfachem, vom Glaszylinder an einem Metallbügel getragenem Tropftrichter 11,50 M. Vollständige Schutzvorrichtung 8,50 M.

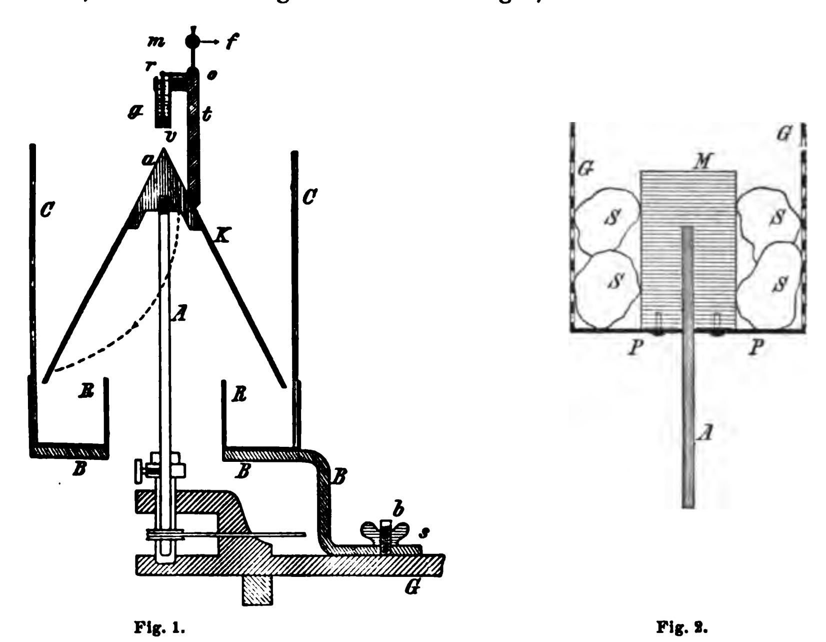


Fig. 1. Fig. 2.

Der Glaszylinder *C* wird mit Vortheil auch für das in Fig. 2 dargestellte Zentrifugenmodell benutzt, das an Stelle des Kegels in die Schwungmaschine eingesetzt werden kann. Die Trommel hat einen festen Boden *P* und eine Wand aus durchlochtem Zinkblech. Der Zylinder *M* und die Achse *A*, die in die Schwungmaschine eingesetzt wird, sind in der Grundplatte befestigt. In den Hohlraum zwischen *M* und *G* werden nun Badeschwämme *S* gebracht. Beim raschen Drehen der Trommel wird das Wasser aus den Schwämmen heraus gegen den ruhenden Schutzzylinder *C* geschleudert, aus dem es in die Blechrinne *R* herabfliesst. Preis des Zentrifugenmodelles 8 M. Die Apparate werden von dem Mechaniker Jul. Antusch in Reichenberg angefertigt. *H. H.-M.*

Ein neuer registrirender Regenmesser.

Von G. Hellmann. *Meteorolog. Zeitschr.* **14.** *S. 41. 1897.*

Bei der Konstruktion dieses Regenmessers waren die leitenden Gesichtspunkte Einfachheit und sicheres Arbeiten. Die Registrirung beschränkt sich auf flüssige Niederschläge, da es unmöglich scheint, Regen und Schnee in gleich sicherer Weise aufzuzeichnen. Besonderes Gewicht wurde darauf gelegt, starke Regenfälle in kurzer Zeit genau zu verzeichnen. Das Stundenintervall auf dem Registrirstreifen ist deshalb ziemlich gross gewählt (15,9 *mm*); die Vergrösserung der gefallenen Regenmenge ist etwa 8-fach.

Aus dem Auffanggefäss von 200 *qcm* Oberfläche fliesst das Regenwasser in ein zylindrisches Messinggefäss mit Schwimmer, an dessen Achse ein Hebelarm mit Schreibfeder sitzt. Die Bewegung des Schwimmers wird durch die Schreibfeder auf einer Trommel mit 24-stündiger Umlaufszeit aufgezeichnet. Ist eine Regenhöhe von 10 *mm* erreicht, so entleert sich die in dem Messinggefäss angesammelte Wassermenge durch einen seitlich angebrachten Glasheber in eine Kanne, und der Schreibstift geht auf Null zurück.

Der Apparat, von R. Fuess in Steglitz konstruirt, kostet 150 M. und ist somit der billigste selbstregistrirende Regenmesser. *Sg.*

Die neueren Projektionsapparate von R. Fuess. — Neue Spektrometer. — Ueber Universalgoniometer und Krystallrefraktometer.

(Mittheilungen aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin. Von C. Leiss.)

Bei den neueren Projektionsapparaten von R. Fuess, die sich nach der vorliegenden Mittheilung durch eine ungemein vielseitige Verwendbarkeit auszeichnen, kann als Lichtquelle das Leuchtgas-Sauerstoffgebläse mit Zirkonplättchen oder Kalkstift oder auch das elektrische Bogenlicht benutzt werden. Das Kondensatorsystem besteht nicht, wie sonst vielfach noch üblich, aus 2, sondern aus 3 Linsen, von denen die eine gegebenen Falles leicht vollständig entfernt oder auch durch eine andere ersetzt werden kann. Auf der optischen Bank gleiten 6 mit Zahntrieb verstellbare Träger, welche das aus 2 Linsen bestehende Projektionssystem, die zu projizirenden Objekte, Nicols u. s. w. aufnehmen. Aus der grossen Anzahl von Versuchen, welche mit dem Apparate leicht auszuführen sind, mögen folgende hervorgehoben werden: Nachweis der Doppelbrechung und Polarisation des Lichtes durch den Kalkspath, Demonstration der Interferenzerscheinungen an Platten und Keilen aus einfachen Krystallen, Krystallzwillingen u. s. w., Nachweis der Wirkung des einseitigen Druckes auf Parallelepipede aus einfach brechenden und doppeltbrechenden Körpern, Versuche über das optische Drehungsvermögen krystallisirter Körper, Vorführung der Interferenzerscheinungen bei Platten aus ein- und zweiachsigen Krystallen in konvergentem Lichte, Messung des Krystallachsenwinkels mit Hülfe des Linsensystems von W. G. Adams und Nachweis der Aenderung des Achsenwinkels mit der Temperatur mittels einer kleinen Erhitzungsvorrichtung u. s. w.

Bei der Verwendung des Apparats als Mikroskop stehen auch die meisten mit den gewöhnlichen Arbeitsmikroskopen verbundenen Nebenapparate zur Verfügung. Das Mikroskop kann nicht nur in horizontaler, sondern mit Hülfe zweier total reflektirender Prismen auch in vertikaler Lage benutzt werden. Das Projektionsmikroskop lässt sich auch ohne Weiteres zu mikrophotographischen Aufnahmen verwenden, da jede mikrophotographische Kamera in Verbindung mit dem Mikroskop des Apparats gebracht werden kann.

Für den Gebrauch als Skioptikon ist der Apparat insofern verbessert, als der Diapositivträger zwei Photogramme aufnimmt, was die Auswechselung des einen Bildes gegen ein neues schon während der Projektion des anderen ermöglicht.

Endlich verdient noch die Verwendung des Apparates als Megaskop zur Projektion undurchsichtiger Gegenstände, wie Photographien, Gesteinstücke u. s. w. Erwähnung. Um eine hierfür hinreichende Beleuchtung des Objekts auf der der Lichtquelle entgegengesetzten Seite zu erzielen, werden die Lichtstrahlen durch drei Paare von unter 45° geneigten Spiegeln um den Körper herum und zurück auf dessen Oberfläche gelenkt. Das Megaskop gestattet bei grösstmöglicher Lichtstärke in 3 *m* Entfernung eine 15- bis 18-fache Vergrösserung, welche für die ohnehin schon grossen Objekte völlig ausreicht.

Die beschriebenen Spektrometer sind mit allen für Präzisionsmessungen nothwendigen Einrichtungen versehen. Der feingearbeitete Spalt kann bis auf 0,01 *mm* verengert werden, ohne Unregelmässigkeiten zu zeigen; die Grösse der Spaltöffnung wird direkt durch eine Theilung an der Trommel der Spaltschraube angegeben. Der in 10′ getheilte Kreis ist um seine Achse drehbar; die Ablesungen mit Nonien oder mittels des Hensoldt'schen Skalenmikroskops ergeben 10″ bezw. 6″; Schraubenmikrometer, die ja noch eine genauere Ablesung gestatten würden, sind nicht vorgesehen, könnten aber zweifellos bequem angebracht werden. Das Prismentischchen lässt sich leicht abnehmen und gegen eine andere Vorrichtung, z. B. einen Zentrir- oder Justirapparat für Krystallwinkelmessungen u. s. w. vertauschen.

Bei dem nach den Angaben von Czapski ausgeführten Universalgoniometer und Krystallrefraktometer (*diese Zeitschr.* ***13.*** *S. 1. 1893*) sitzt der Krystall, entgegen der gewöhnlichen Anordnung, auf der vertikalen Achse und das Fernrohr bewegt sich zusammen mit dem Vertikalkreis um eine horizontale Achse. Beide Kreise sind mit Lupenablesung und Nonien versehen, welche Minuten angeben; die Feineinstellung erfolgt mikrometrisch.

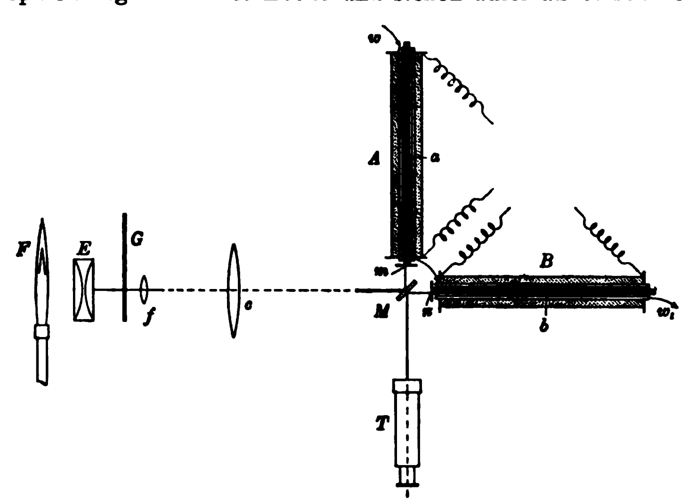
Statt des Zentrirapparats für Krystalle können auch einfache Tischchen verschiedener Grösse aufgesteckt werden. Das dem Krystall zugewendete Ende der durchbohrten Achse des Vertikalkreises trägt eine Linse, das andere ein Diaphragma, eine Einrichtung, mit Hülfe deren in raschester Weise die Einstellung des Krystalls in den Schnitt der horizontalen und der vertikalen Achse vorgenommen werden kann. Mit dem am vertikalen Theilkreise befestigten gebrochenen Fernrohr ist die Signalgebung (Methode der Autokollimation) vereinigt. Soll das Instrument als Krystallrefraktometer gebraucht werden, so wird der Krystallträger durch das Totalrefraktometer (System Abbe oder Bertrand mit halbkugelförmiger Linse) ersetzt und vor das Fernrohr eine Korrektionslinse geklemmt, welche die aus der Halbkugel konvergent austretenden Strahlen in parallelstrahlige verwandelt. Die Beleuchtung des Präparates kann durch streifend einfallendes oder von unten her durch diffuses homogenes Licht erfolgen. *Glch.*

Ueber eine Interferenzial-Induktionswaage.

Von C. Barus. *Amer. Journ. of Science* (4) *3. S. 107. 1897.*

Barus benutzt in seinem neuen Apparat die von Bidwell gefundene Eigenschaft der Eisenstäbe, dass sie durch Magnetisirung ihre Längsdimensionen verändern.

In zwei Spulen *A* und *B* befinden sich zwei weiche Eisenstäbe, die an den einen Enden mit den Spulen fest verbunden sind, im Uebrigen aber frei in der Achse der Spule liegen und an ihren vorderen Enden je einen kleinen Spiegel *m* und *n* tragen. Die Achsen der Spulen liegen in einer Ebene und stehen aufeinander senkrecht; in ihrem Schnittpunkt, der von den Spiegeln *m* und *n* gleiche Entfernung hat, ist unter einem Winkel von 45° eine planparallele Glasplatte *M* angebracht. Jenseit dieser Platte ist in Richtung der einen Achse eine monochromatische Lichtquelle *F* und ein System von Linsen, in Richtung der andern Achse ein Beobachtungsfernrohr aufgestellt.



Der zuletzt beschriebene optische Theil des Apparates ist das Interferenz-Refraktometer von Michelson, das er in seiner grossen Arbeit über die Auswerthung des Meter in Lichtwellenlängen beschrieben hat. Im Beobachtungsfernrohr erblickt man Interferenzstreifen, deren Lage von der Entfernung der Spiegelchen *m* und *n* vom Schnittpunkt der Achsen abhängt. Um eine Verschiebung der Streifen durch Temperaturänderungen zu verhüten, sind die Eisenkerne von engen Röhren umgeben, durch welche hintereinander Wasser geleitet wird. Sehr bequem lässt sich der Apparat justiren, wenn man die Spulen *A* und *B* auf die Arme, die Platte *M* auf das Tischchen eines Kirchhoff'schen Spektrometers montirt.

Von den Versuchen, die der Verfasser angestellt hat und die nur als vorläufige anzusehen sind, seien folgende genannt. Lässt man durch die eine oder die andere Spule Gleichstrom von verschiedenen Stärken fliessen, so kann man aus der Verschiebung der Interferenzstreifen die bereits von Joule untersuchte Verlängerung der Eisenstäbe für verschiedene Feldstärken messen. Lässt man Wechselströme derselben Periode durch beide Spulen gehen, so bleiben die Streifen sichtbar, wenn die Stromschwingungen in derselben Phase vor sich gehen; tritt eine Phasenverschiebung ein, so verschwinden die Streifen mehr oder weniger und können durch eine stroboskopische Methode wieder sichtbar gemacht werden. Eine

Phasendifferenz kann z. B. dadurch entstehen, dass die beiden Spulen hintereinander geschaltet werden und zwar durch einen Leiter, der eine grosse Kapazität besitzt, sodass die Stromwellen eine messbare Zeit gebrauchen, um von der einen Spule zur andern zu gelangen.

E. O.

Ueber die Veränderungen, die in weichen Metallen durch dauernden Zug hervorgerufen werden.

Von A. Campbell. *Engineering* **63.** *S. 468. 1897.*

Es ist eine bekannte Thatsache, dass Drähte, die durch Ausglühen weich gemacht worden sind, durch Spannen wieder gehärtet werden; dabei ändert sich ihre Dichtigkeit und ihre Leitfähigkeit.

Die Aenderungen der Dichte misst Campbell, indem er durch Wägungen jedesmal die spezifischen Gewichte bestimmt. Von grösserem Interesse sind die Messungen der Aenderung in der Leitfähigkeit. Als „Massenleitfähigkeit" definirt er die Leitfähigkeit, die auf die Einheit der Länge und Einheit der Masse des Drahtes bezogen ist. Da die Masse konstant bleibt, so genügt es, die Aenderung der Länge und des Widerstandes zu messen, um die Aenderung der Massenleitfähigkeit berechnen zu können. Untersucht wurden Drähte aus Kupfer, Eisen, Neusilber, Manganin, einer Eisennickellegirung und einer Legirung aus Blei und Zinn, wie man sie zu Abschmelz-Sicherungen benutzt. Vor den Messungen wurden die Drähte durch einen elektrischen Strom ausgeglüht. Die Widerstände der Legirungen mit geringem Temperaturkoëffizienten wurden einfach in der Wheatstone'schen Brücke gemessen. Bei den Metallen mit grossem Temperaturkoëffizienten wurden zwei gleiche Drähte nebeneinander ausgespannt, sodass sie stets annähernd dieselbe Temperatur hatten; die Drähte bildeten zwei Zweige der Wheatstone'schen Brückenkombination. Einer Dehnung wurde nur der eine von ihnen unterworfen. Die zu deformirenden Drähte wurden beiderseits an Messingklötzen befestigt, von denen der eine auf einer Grundplatte festgeschraubt war; der andere war als Schlitten vor einer Theilung beweglich, an der die Verlängerung abgelesen werden konnte. Die Dehnungen wurden langsam bis zum Zerreissen des Drahtes fortgesetzt. Die Wirkung der Dehnung zeigt sich in einer Abnahme der Massenleitfähigkeit. Kupfer kann bis zu 2 % seiner Länge verlängert werden, ohne eine Veränderung der Massenleitfähigkeit und auch der Dichte zu zeigen. Neusilber, Eisen und Eisenlegirungen zeigen eine ausserordentlich geringe Abhängigkeit der Leitfähigkeit; dagegen wird Manganin durch Dehnung in seiner Leitfähigkeit sehr stark verändert. Campbell glaubt, dass dies mit der Grund ist, dass man neugewickelte Manganinspulen erst tagelang auf eine höhere Temperatur erhitzen muss, um einen unveränderlichen Werth des Widerstandes zu erzielen[1]).

E. O.

Eine neue Form des selbstreduzirenden Tachymeters.

Von V. Reina. *Rivista di Topogr. e Catasto* **9.** *1896/97.*

Das Instrument des Verf. zur Ablesung von bereits auf den Horizont reduzirten Entfernungen auf der Latte bei schiefen Ziellinien beruht auf demselben Prinzip, wie der Apparat von Roncagli und Urbani, der von Baggi und im Grund auch der (ältere) von Tichý. Neu und eigenthümlich ist dagegen die Vorrichtung, durch die der Abstand der Distanzfäden im Okular des anallaktischen Fernrohrs im Verhältniss von $\cos^2\alpha : 1$ bei Erhebung oder Senkung des Rohres verringert wird (α Neigungswinkel der Zielung). Der Ref. möchte hier nicht weiter auf die Sache eingehen, weil der Apparat noch nicht ausgeführt ist und also erst auf Mittheilung von Probemessungen gewartet werden muss; über eine ähnliche, von mir selbst entworfene Vorrichtung, die seit zwei Jahren ausgeführt ist und sich seitdem gut bewährt hat, werde ich demnächst hier zu berichten mir gestatten.

Hammer.

---

[1]) Dieser letztere Schluss ist im Widerspruch mit den Untersuchungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über das künstliche Altern von Widerstandsspulen.

Neu erschienene Bücher.

E. Wiedemann und **H. Ebert**, Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Methoden. 3. verbesserte und vermehrte Auflage. gr. 8°. XXV, 490 S. m. 316 Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1897. 9,00 M.; geb. 10,00 M.

Das vorliegende Buch will seinem Programm gemäss hauptsächlich den Bedürfnissen der Anfänger überhaupt und der Studirenden der Chemie im Besonderen Rechnung tragen. Die Tendenz soll demnach eine elementarere sein, als sie in den Werken von F. Kohlrausch, Glazebrook und Shaw, Witz u. s. w. verfolgt wird. Dies hoffen die Verfasser ausser durch passende Auswahl des Stoffes und elementare Behandlung der einzelnen Aufgaben dadurch zu erreichen, dass sie neben den quantitativen Uebungen auch den qualitativen einen wesentlichen Platz einräumen, insbesondere den Praktikanten Anleitung geben, die Vorlesungsversuche zu wiederholen. Der Werth solcher Uebungen ist schon oft bezweifelt worden; sie mögen ja in vieler Hinsicht ihr Gutes haben, doch geräth namentlich der Anfänger dabei leicht in die Gefahr, die Uebungen nur als angenehme Unterhaltung zu betrachten und über Nebenerscheinungen die Hauptsache zu vergessen. Insbesondere dürften aber die Chemiker, für welche das Buch ja in erster Linie bestimmt ist, darauf am ehesten Verzicht leisten können; denn wo sie physikalische Versuche gebrauchen, handelt es sich fast ausschliesslich um quantitative Experimente.

Ihrem Vorsatze, den Bedürfnissen des Anfängers zu dienen, werden die Verfasser im weitesten Umfange gerecht. Allerdings setzen sie bei dem jungen Physiker oder Chemiker, der doch eben erst die Vorlesung über Experimentalphysik absolvirt hat, gar wenig Kenntnisse voraus. So halten sie es beispielsweise noch für nöthig, ihnen die verschiedenen galvanischen Elemente nicht nur beschreibend, sondern auch noch bildlich vorzuführen, auch die einzelnen Typen der Klemmschrauben werden noch durch eine Abbildung verständlich gemacht u. a. m. Auf alle Fälle dürfte aber doch wohl das Kapitel: „Einrichtung und Gebrauch der Logarithmentafel" überflüssig sein; denn wer nicht mit Logarithmen zu rechnen versteht, gehört auf die Schulbank, aber nicht in ein physikalisches Praktikum.

Ueber diese kleinen Ausstellungen darf man indessen nicht vergessen, die Vorzüge des Buches hervorzuheben. Der quantitative Theil der Versuche ist ganz vorzüglich zur Darstellung gelangt. Eine ganze Reihe von Kapiteln, wie die Bestimmung der Dichte von festen, flüssigen und luftförmigen Körpern, die ganzen Abschnitte über Wärme und Optik u. a. m. sind geradezu mustergültig zu nennen. Uebrigens spricht für die Brauchbarkeit des Buches schon der Umstand, dass im Verlaufe von nur 7 Jahren bereits die dritte Auflage nöthig geworden ist. *Schl.*

E. Mascart u. **J. Joubert**, *Leçons sur l'Electricité et le Magnétisme. 2. édition, entièrement refondue par E. Mascart. Volume II: Méthode de mesure et applications.* gr. 8°. 917 S. m. 160 Fig. Paris 1897. Subskriptionspreis 12,30 M.

Das vollständ. Werk, 2 Bände, 1896—1897. 838 u. 917 S. m. 286 Fig. 37,00 M.; jeder Band einzeln 20,50 M.

R. S. Heath, *Elementary Treatise on geometrical Optics.* 2. Aufl. 8°. 246 S. m. Fig. Cambridge 1897. Geb. in Leinw. 5,30 M.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd.: Feld- u. Land-Messg. 5. Aufl. in 2 Lfgn. 1. Lfg. gr. 8°. 416 S. m. Fig. Stuttgart, J. B. Metzler's Verl. 8,00 M.

S. P. Thompson, Die dynamoelektrischen Maschinen. 5. Aufl. Uebers. v. C. Grawinkel. Nach dem Tode des Uebersetzers besorgt von K. Strecker u. F. Vesper. 2 Thle. gr. 8°. VII, IX, 790 S. m. 520 Abbildgn. u. 19 Taf. Halle, W. Knapp. 24,00 M.

A. G. Webster, *The Theory of Electricity and Magnetism, being lectures on mathematical Physics.* 8°. 588 S. m. Fig. London 1897. Geb. in Leinw. 14,80 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **Oktober 1897.** Zehntes Heft.

Ueber einen Eikurvenzeichner.

Von
G. Rebíček in Prag.

In der Dioptrik wird bekanntlich die fundamentale Aufgabe behandelt, die von einem Zentrum O ausgehenden, homozentrischen Strahlen durch Brechung an einer Grenzfläche zwischen zwei Medien wieder *homozentrisch* in einem Punkte F zu vereinigen. Die Bedingung, an welche die Lage zweier solcher konjugirter Brennpunkte gebunden ist, besteht darin, dass die optische Weglänge für alle von O über die Grenzfläche nach F gelangenden Strahlen *konstant* ist, d. h. dass

$$r + n r_1 = R, \qquad 1)$$

worin n den relativen Brechungsexponenten beider Medien bedeutet.

Die Gleichung 1) stellt in bipolaren Koordinaten eine *Eifläche* dar. In der Zeichnungsebene erhält man als Schnitt eine *Eikurve*, aus welcher durch Rotation um die Achse OF die Eifläche als Rotationsfläche resultirt.

Es zeigt sich also, dass den Eikurven neben dem rein mathematischen Interesse auch eine grosse physikalische Bedeutung zukommt. Was die sphärischen Flächen nur in der Annäherung leisten, das bewirken die Eiflächen in voller Strenge.

Mathematisch betrachtet liefert die Gleichung 1) eine Kurve 4. Grades mit 4 arbiträren Konstanten; diese sind zunächst n, welches $\gtrless 1$ und zugleich $\gtrless 0$ sein kann — für die Physik hat allerdings nur ein positives n eine Bedeutung — ferner R und endlich auch der Abstand $OF = e$ beider Brennpunkte. Je nach der Wahl dieser Konstanten erhält man Schaaren von zusammengehörigen Eikurven mannigfachster Art, wobei besonders die *Uebergangs-Kurven* interessant sind. Als solche ergeben sich auch die Ellipse für $n = 1$ und die Hyperbel für $n = -1$. Interessant sind ferner die Uebergangs-Kurven für $R = e$. Selbstverständlich sind die Konstanten R und e an die Bedingungen geknüpft, dass

$$\left.\begin{array}{l} r + r_1 \ \overline{\gtrless}\ e \\ r - r_1 \ \overline{\lessgtr}\ e \\ r + n r_1 = R \end{array}\right\}, \qquad 2)$$

sodass für gegebene Brennpunkte O und F und für bestimmt gewählte Werthe von n die Eikurven nur von einem gewissen Werthe von R an möglich sind. Es ist hier nicht der Ort, auf alle mathematisch wichtigen Einzelheiten näher einzugehen.

Im Jahrgange 1874 von *Carl's Repertorium für Experimentalphysik* beschrieb ich einen *Ellipsographen* und zwar ein Instrument, welches die Ellipse *kontinuirlich* zu zeichnen gestattet.

Es ist von grossem mechanischen Interesse, dass es möglich ist, auch für ein kontinuirliches Zeichnen der Eikurve ein Instrument, den *Eikurvenzeichner*, zu konstruiren.

Die Grundlage dieser Konstruktion bildet folgende Ueberlegung. Wir beschreiben um O einen Kreis mit dem Halbmesser $= R > e$ (Fig. 1). Bestimmt man auf dem Halbmesser OA den Punkt M so, dass

$$\frac{AM}{FM} = n \text{ oder } AM = n \cdot r_1,$$

so ist offenbar

$$r + n r_1 = R,$$

d. h. M ist ein Punkt der Eikurve.

Bei dem Ellipsographen war $n = 1$; es handelte sich also dabei um die mechanische Herstellung gleicher Strecken AM und FM; dies erreichte ich mittels eines Rhombus, in dessen Diagonale ein in der Richtung dieser Diagonale verschiebbares Lineal gelegt war. Von den beiden anderen Ecken des Rhombus war die eine, B, in F befestigt, während die andere, A, die kreisförmige Bewegung mit dem Halb-

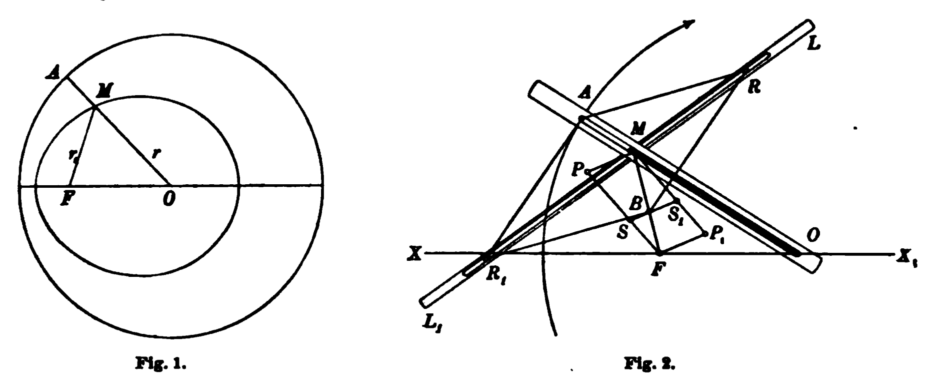


Fig. 1. Fig. 2.

messer AO ausführte. Um nun das Verhältniss $\frac{AM}{FM} = n$ zu machen, muss man entweder in die Strecke AM oder in die Strecke FM ein Zwischenglied einschalten, welches dieses Verhältniss bewerkstelligt und für alle Lagen von OA konstant erhält. Dies erreicht man am besten mittels eines Parallelogrammes, welches eine zu zwei gegenüberliegenden Seiten verstellbare Schiene (ähnlich wie bei den Pantographen) besitzt. In Fig. 2 ist der Apparat schematisch dargestellt.

AO ist ein der Länge nach mit einem Schlitze versehener, um den Punkt O drehbarer Arm. Der Rhombus $ARBR_1$ trägt ein mit dem Schreibstift M fest verbundenes, sonst ebenfalls der Länge nach geschlitztes Lineal LL_1, welches in den Punkten R und R_1 des Rhombus gleiten kann. Der Punkt A entspricht dem Punkte A in Fig. 1 und ist fest in dem Arm AO angebracht. Der Punkt B des Rhombus ist nun auf der Schiene SS_1 des Parallelogramms $FPMP_1$ so angebracht, dass sich B um seine Achse drehen kann, ist jedoch unverrückbar. Dieses Parallelogramm bestimmt nun das Verhältniss $AM : FM$. Es ist nämlich

$$\frac{BM}{FB} = m,$$

daher auch

$$\frac{BM}{FB + BM} = \frac{m}{m+1} = n,$$

woraus, da $BM = AM$, folgt

$$\frac{AM}{FM} = n;$$

M ist somit ein Punkt der Eikurve. Ist n gegeben, so findet man m aus der Gleichung

$$m = \frac{n}{1-n}.$$

Hat man dann m berechnet, so stellt man am Apparat den Punkt B ein und zeichnet dann durch Bewegung des Punktes A in der Richtung des Pfeiles die Eikurve.

Nach dieser schematischen Zeichnung ist der Apparat (Fig. 3) hergestellt. Zum leichteren Verständniss möge hier noch die nachfolgende Beschreibung Platz finden.

In einem messingenen Rahmen HH, welcher um die Achse CO drehbar ist, befindet sich auf der einen Seite ein Schlitz, in welchem ein Schreibstift M gleiten kann. Ferner ist in diesem Schlitze die eine Ecke A eines Rhombus $ARBR_1$ mittels einer Schraube befestigt, und es lässt sich dieser Punkt A in diesem Schlitze näher oder weiter von dem Drehpunkte O einstellen. Der Schreibstift M ragt auf beiden Seiten des Rahmens HH nach oben und unten heraus und ist in einem Lineal LL_1 befestigt, welches in den Punkten RR_1 des Rhombus $ARBR_1$ gleiten kann. Der Punkt B des Rhombus ist auf einer festen Stahlschiene SS_1 befestigt, welche auf einem zweiten Rhombus (oder auch Parallelogramm) $FPMP_1$ fest aufliegt, jedoch parallel zu den Seiten MP und FP_1 nach Bedarf eingestellt werden kann. Die Abbildung entspricht dem Fall, dass der Schreibstift sich vom Scheitelpunkte der Eikurve ein Stück entfernt hat. Man sieht da den Schreibstift M den Scheitelpunkt eines Winkels AMF bilden, in welchem die beiden Schenkel AM und MF immer in einem konstanten Verhältniss zu einander bleiben. Der Punkt F ist auf einer Stahlschiene ZZ_1 befestigt und ebenfalls verstellbar. Diese Schiene ruht fest auf einem kleinen eikurvenförmigen Metallstück, welches zugleich den Fuss des Instrumentes bildet. Ist der Schreibstift M in dem einen oder anderen Scheitelpunkte, so ist die Schiene ZZ_1 parallel zu dem geschlitzten Rahmen HH und sind dann diese beiden senkrecht zum Lineal LL_1. Dieses Lineal zeigt immer die Richtung der Tangente zu dem Kurvenpunkte M. Der beschriebene Apparat entspricht dem Falle $n > 1$.

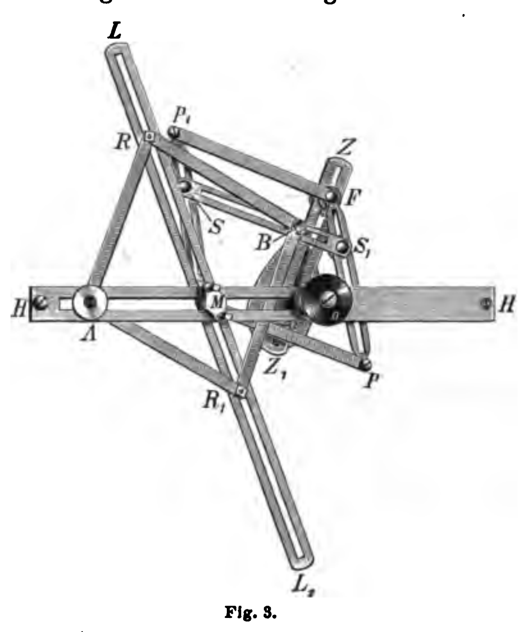


Fig. 3.

Selbstverständlich lässt sich auch für den reziproken Werth

$$n' = \frac{1}{n} < 1$$

ein analoger Apparat herstellen.

Mathematisch interessante Beziehungen ergeben sich einestheils für Eikurven, bei denen die Konstanten n reziprok, anderntheils für Eikurven, bei denen die Konstanten gleich und entgegengesetzt sind. Für $R = e$ resultiren dann ebenso wie für $n = \frac{e}{R}$ Uebergangskurven. Fig. 4 zeigt eine solche Uebergangskurve für $R = e$. Hier ist $\frac{AM}{FM} = \frac{1}{2}$, demnach

$$r \pm \frac{1}{2} r_1 = R;$$

Fig. 5 stelle eine Kurve dar von der Gleichung

$$r \pm 2 r_1 = R.$$

Es ist nämlich $\frac{AM}{FM} = 2$, und da hier $\frac{R}{e}$ ebenfalls $= 2$ ist (also $n = \frac{R}{e} = 2$), so ist dies auch eine Uebergangskurve.

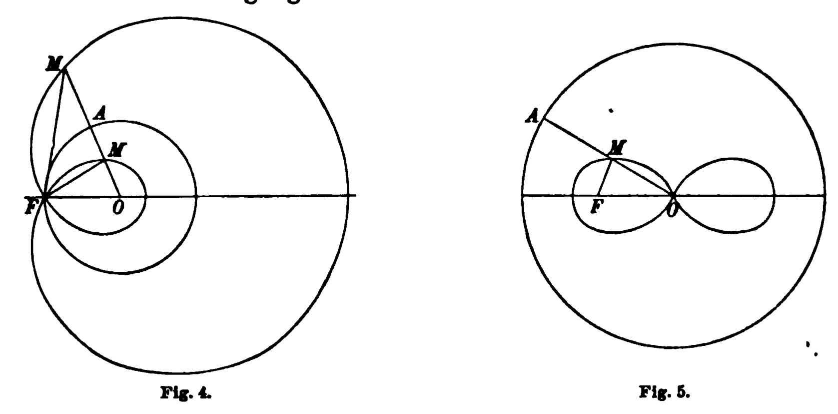


Fig. 4. Fig. 5.

Es möge hier noch erwähnt werden, dass die Eikurven auch in der Baumechanik Verwendung finden[1]).

Ueber die Verwendung doppeltbrechender Krystallsubstanz.

Von

Dr. **Ludwig Wulff** in Schwerin i. M.

I. Allgemeine Vorbemerkungen.

Neben meinen jahrelangen Bemühungen, die Fabrikkrystallisation der wichtigsten Produkte, speziell des Zuckers, zu entwickeln, habe ich vor Jahren mit Subvention der optischen Werkstätte von C. Zeiss, in der letzten Zeit mit Unterstützung des Grossherzoglichen Industriefonds in Schwerin, der Königlich Preussischen Akademie und der Kaiserlichen Physikalisch-Technischen Reichsanstalt versucht, Methoden zur Herstellung grosser, einschlussfreier Krystalle auszubilden, und zwar in grösserm Umfange bisher nur mit Natronsalpeter[2]).

Da ich in absehbarer Zeit nur in Wasser leicht lösliche Substanzen ziehen kann, wird es nicht unnöthig sein, einige Bemerkungen vorweg zu geben über die Verarbeitung und Untersuchung der Krystalle solcher Substanzen, speziell auch des Natronsalpeters, die auch dann, wenn sie im Handel nicht als hygroskopisch bezeichnet werden, vor der Feuchtigkeit der Luft zu bewahren sind, sei es vor der jeweiligen allgemeinen relativen Luftfeuchtigkeit (die im Sommer in Wohnungen und Werkstätten meist höher ist, als es zur Verarbeitung, besonders zu einer guten Politur erwünscht ist), sei es vor der zufälligen, an der Verarbeitungsstätte und am Verarbeitungsmaterial vorhandenen Feuchtigkeit.

Der Raum, in dem Natronsalpeter und ähnliche Substanzen zu jeder Zeit verarbeitbar sein sollen, muss mit künstlicher Trocknung versehen sein[3]). Auch muss

---

[1]) Siehe J. Gröger, Die Statik der Tunnelgewölbe in druckreichem Gebirge. Prag 1881.

[2]) Die mit öffentlichen Mitteln gezogenen Krystalle (auch von chlorsaurem Natron) stelle ich, wie bisher, öffentlichen Instituten, sowie auch Optikern für Verarbeitungsversuche unentgeltlich zur Verfügung.

[3]) Ich stehe Interessenten mit Mittheilungen über die beiden jahrelang bei mir bewährten Einrichtungen zur Verfügung, deren Beschreibung über den Rahmen dieser Arbeit und Zeitschrift hinausgehen würde. Dieselben gestatten mir, das Chlorcalcium zuerst als feste Masse, dann später in Lösung zur Trocknung zu verwenden.

die Athmungsfeuchtigkeit des Verarbeiters von den Krystallen und Schliffen abgehalten werden, besonders beim Poliren. Ich erreiche dies dadurch, dass ich einen bis über das Kinn hinunterreichenden, Feuchtigkeit nicht durchlassenden Vorhang trage, der oberhalb der Nasenöffnungen an einem sich dicht an das Gesicht anschliessenden Drahtbügel befestigt ist.

Drittens ist aber auch auf die Temperatur des Verarbeitungsmaterials zu achten, an dessen Oberfläche bei den hier vorausgesetzten Substanzen die Feuchtigkeit etwas grösser ist als die der umgebenden Luft von gleicher Temperatur. Daher soll die Temperatur des Materials nie tiefer als die des Zimmers sein, was besonders leicht eintritt, wenn das Krystallmaterial in Wandschränken aufbewahrt wird.

Viertens ist es erwünscht, dass das Verarbeitungs- und Verpackungsmaterial getrocknet wird, weshalb ich in einer Glasschale, in der ein Gefäss mit Chlorcalcium steht, stets Papier, Korke, Schachteln u. s. w. aufbewahre.

II. Gesichtswinkelmesser aus doppeltbrechender Krystallsubstanz.

Die Anwendung der Doppelbrechung zur Winkelmessung und darauf basirte Distanzmesser sind bisher nur wenig entwickelt worden. Ausser dem Vorschlage von Rochon, doppelsichtige Quarzprismen innerhalb der Fernrohre anzuwenden, ist vor Allem noch das Wellmann'sche Doppelbildmikrometer zu erwähnen[1]). Diese Vorrichtung ist zwar einfach in ihrer Berechnung, hat aber gegenüber dem Vorschlage von Rochon den Nachtheil, dass sie unter Zuhülfenahme eines Fadenkreuzes misst, was festen Stand des Fernrohres und Sichtbarmachung des Fadenkreuzes bedingt; beide Umstände sind für allgemeine Verwendung im Heere und in der Marine störend, weil es in beiden Fällen erwünscht ist, dass die Messung bezw. Schätzung von der Bewegung des Beobachters bezw. des Schiffes möglichst unabhängig ist. Aus diesem Grunde ist auch die Verwendung der Fernrohre mit halbirten Okularen schwierig, weil sie nur dann doppelsichtig sind, wenn der Beobachter genau längs der Achse des Fernrohres sieht[2]). Deshalb sollen hier nur solche Konstruktionen zur Besprechung kommen, die wie die Rochon'sche keine Berücksichtigung eines Fadenkreuzes bedingen, und die jederzeit doppelsichtig sind. Besonders wichtig erscheint mir aber die Besprechung der Gesichtswinkelmesser, die ohne Fernrohr angewandt werden können, weil sie es dem Offizier und Lootsen jederzeit gestatten, schnell und leicht mit einem sehr kleinen Apparate die Entfernung eines der Grösse nach bekannten Objektes bestimmen zu können. Von Seiten des Heeres und der Marine wird zwar weit mehr Gewicht gelegt auf die handliche Lösung der Distanzmesser, die ohne ein entferntes Objekt von bekannter Grösse messen; wenn aber die Gesichtswinkelmesser in Anschluss an die folgenden Vorschläge in praktischer handlicher Ausführung konstruirt sind, glaube ich nicht, dass die genannten Kreise der Angelegenheit ihr Interesse versagen werden. Ich selbst habe mit Mitteln des Grossherzoglichen Industriefonds mir zwar die nöthigen Schliffe herstellen können, um die folgenden Projekte auszuprobiren, aber die definitive Fertigstellung der Skalen, Drehvorrichtung und Verbindung muss ich dem Kreise der Leser dieser Zeitschrift überlassen. Ich selbst habe in Zukunft nur noch insofern eine Aufgabe bei der Verfolgung meiner Vorschläge zu erledigen, als es sich vernöthigen sollte, ausser Quarz

[1]) *Diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 141 u. S. 459. 1890.* D.R.P. Nr. 52 360 vom 12. Juni 1889.

[2]) Näheres darüber im „Handbuch der nautischen Instrumente", herausgegeben vom Hydrographischen Amte der Kaiserlichen Marine.

und Kalkspath, aus denen ich meine Präparate herstellte, andere Substanzen in Betracht zu ziehen, sei es, weil Kalkspath nicht zur Genüge beschaffbar ist, sei es, dass diese Substanzen für einzelne Konstruktionen besondere Vortheile bieten.

a) Gesichtswinkelmesser mit konstantem Keilwinkel.

Wenn, wie dies bereits anderweitig ausgeführt ist, zwischen Okular und Auge bei einem Feldstecher oder astronomischen Fernrohr ein einfacher Keil von doppeltbrechender Substanz in fester Stellung angebracht wird, oder ein solcher in Verbindung mit achromatisirenden Glaskeilen, wie sie mehrere Werkstätten liefern, so ist es ziemlich gleichgültig, wie die doppeltbrechende Substanz mit ihren optischen Hauptrichtungen und Ebenen orientirt ist; wenn aber der Keil am Fernrohr beweglich ist, sodass er in verschiedener Durchsicht benutzt wird, oder wenn er ohne Fernrohr gebraucht werden soll, dann ist genau auf die Lage der optischen Achsen und Ebenen zu achten. Denn sieht man durch verschiedene Keile verschiedener Substanzen und verändert die Stellung des Keiles zur Sehrichtung, so verändert sich auch die Verschiebung der Bilder in verschiedener Weise. Unregelmässig wird diese Verschiebung, wenn keine optische Symmetrieebene auf der spitzwinkligen Keilkante senkrecht steht, sodass auch trikline Substanzen, die keine optischen Symmetrieebenen zeigen, von der Verwendung auszuschliessen sind.

Liegt dagegen eine optische Symmetrieebene senkrecht zur spitzwinkligen Keilkante, und bleibt diese letztere bei der Drehung des Keiles senkrecht zur Sehlinie, so hängt die Art der Verschiebung der Bilder bei der Drehung des Keils um jene Kante davon ab, ob die Winkelhalbirende des Keiles noch in eine zweite optische Symmetrieebene fällt oder nicht.

Ist das erstere der Fall, so erreicht die Verschiebung der zwei Bilder ein Minimum, wenn man den Keil so hält, dass man senkrecht auf seine Winkelhalbirende durch den Keil sieht, während in dem letzteren Falle die Verschiebung für diese Sehrichtung eine mittlere ist.

Beide Arten von Keilen können als Grundlage für Distanzmesser mit und ohne Fernrohr gebraucht werden, sowie letztere an Mikroskopen als Ersatz der Glasmikrometer, in welchem Falle sie wie die in Abschnitt III beschriebenen Plattenmikrometer wirken.

Sieht man mit unbewaffnetem Auge durch einen doppeltbrechenden Keil der ersten Art in der Richtung der Minimalablenkung, so empfiehlt es sich, für die Zwecke der Distanzmessung den Winkel des Keils so zu wählen, dass die Kotangente des Winkels der Verschiebung durch Doppelbrechung gleich einer möglichst einfachen ganzen Zahl ist, etwa 100, 200, 1000 u. s. w. Die Keile von betreffender Beschaffenheit sollen im Verlaufe der Arbeit als Keil Nr. 100, Nr. 200 u. s. w. bezeichnet werden.

Sehr einfach gestaltet sich dann die Entfernungsmessung. Es werde z. B. mittels eines Keiles Nr. 200 eine Messlatte anvisirt, und es decke sich der Nullpunkt der Latte im einen Bilde mit dem Messpunkte 2,3 *m* im anderen Bilde, so ist die Entfernung gleich $200 \times 2{,}3$ *m*. Besonders zur Kontrole der Entfernung der Schiffe unter einander, von Fixpunkten der Küste oder wichtigen Baken erwarte ich die Anwendbarkeit meiner Vorschläge. Ein einzelner Keil wird in diesem Falle nicht ausreichen, aber da zur Durchsicht mit blossem Auge eine Oeffnung von $^1/_2$ *cm* durchaus genügt, so können schon kleine Krystalle zur Herstellung verwandt werden, auch können aus einem achromatisirten Keile, wie sie die optischen Werkstätten, z. B. von B. Halle und Steeg & Reuter, liefern, mehrere Keile geschnitten werden, die neben-

einander zu einer Keilreihe zu kombiniren sind, sodass etwa eine Metallfassung von 4 *cm* Länge und 1 *cm* Breite, die mit 4 Bohrungen von je $^1/_2$ *cm* versehen ist, bequem mit 4 kleinen Keilen von Nr. 50, Nr. 100, Nr. 200, Nr. 500 versehen werden kann; es entstände dann eine Keilreihe, deren niedrige Nummern in kleineren Entfernungen messen würden. Bei der Kleinheit der nöthigen Krystalle hat die künstliche Herstellung derselben für die Konstruktion solcher Keilreihen keine besonderen Schwierigkeiten. Besonders dürfte die Herstellung von Präparaten aus den Siliziumfluoriden des Magnesiums und Zinks zu versuchen sein, die wie Quarz ziemlich gleiche Dispersion für beide Strahlenarten haben, sodass eine hohe Achromatisirung möglich ist, während die Doppelbrechung erheblich grösser und die Dispersion kleiner ist.

Ein doppeltbrechender Keil der zweiten Art wird am vortheilhaftesten aus einer optisch einachsigen Substanz hergestellt, weil bei dieser eine Richtung vorhanden ist, in der keine Divergenz der Strahlenarten durch Doppelbrechung ersichtlich ist. Sieht man durch einen solchen Keil, sodass die Sehrichtung innerhalb der Substanz der optischen Hauptachse parallel läuft, so wirkt der Keil für diese Richtung wie ein einfachbrechender Keil. Bei Durchsicht in anderer Richtung zeigt der Keil zwei Bilder, deren Verschiebung grösser wird, wenn die Winkeldivergenz der Durchsicht gegen obige Sehrichtung wächst. Der Keil ist mit einer Drehvorrichtung zu versehen, deren Achse parallel seiner spitzwinkligen Kante liegt. Anstatt den Winkel der Drehung auf einer Skale zu messen, ist es zu empfehlen, die Theilung der Skale so vorzunehmen, dass man unmittelbar die Keilnummern auf der Skale einträgt, welchen der drehbare Keil in jeder einzelnen Drehlage entspricht. Da die zu Grunde liegenden Berechnungen nicht sehr einfacher Natur sind, wird die Skale am besten derartig festgestellt, dass man eine entfernte Messlatte anvisirt und die Theilstriche markirt, wenn die Verschiebung der beiden Bilder der Messlattenskale gleich $^1/_{50}$, $^1/_{100}$ u. s. w. der Entfernung der Latte beträgt. Wird ein drehbarer Keil mit einem Feldstecher verbunden, so ist die Anfertigung der Skale ebenso zu machen; auch kann die Drehvorrichtung mit zwei Skalen versehen sein, deren eine bei Durchsicht mit dem Feldstecher, die andere bei Durchsicht mit unbewaffnetem Auge ausprobirt ist.

Der Gebrauch der Gesichtswinkelmesser ist ein sehr einfacher. Wird z. B. ein entfernter Mensch durch den Apparat beobachtet, so dreht man den Keil, bis der Scheitel desselben im einen Bilde sich mit der Fusssohle im andern berührt. Zeigt dann die Skale auf Nr. 160, so ist die gesuchte Entfernung gleich 160 Mannslängen.

In der optischen Werkstatt von Halle habe ich Keile beider Arten aus Kalkspath herstellen lassen, die dadurch achromatisirt wurden, dass die Keile mit je zwei kompensirenden Glaskeilen vom halben Keilwinkel versehen sind. Für die Keile der ersten Art ist eine solche symmetrische Kompensirung zweckmässiger als die Kompensirung durch einen Glaskeil, bei den Keilen der zweiten Art ist die Kompensirung gleichgültig in Bezug auf den optischen Effekt, aber symmetrische ist vorzuziehen bei Kalkspath oder Natronsalpeter, weil die aussen liegenden Glaskeile widerstandsfähiger sind. Beide Keile funktioniren durchaus normal, und zwar zeigt der Keil der ersten Art noch die für den Gebrauch sehr wichtige Eigenschaft, dass bei der Minimaldivergenz die Veränderung der Bilderentfernung nur gering ist, wenn der Keil etwas aus der Minimallage gedreht wird, erst bei grösserer Abweichung von der Minimallage des Keils gehen die Bilder mit steigender Geschwindigkeit auseinander.

b) Gesichtswinkelmesser mit variablem Keilwinkel.

Schon Rochon zeigte, dass durch Kombination zweier Keile, die gegen einander gedreht werden, Keile mit variablem Winkel (0° bis zum doppelten Winkel der Einzelkeile) hergestellt werden können. Nach diesem Prinzip ist auch ein dioptrisches Mikrometer für Fernrohre von Moser[1]) konstruirt worden; dieses Prinzip lässt sich nicht auf doppeltbrechende Substanzen anwenden, weil dabei wie bei der Drehung zweier doppeltbrechender Platten im Allgemeinen vierfache Brechung resultirt.

Dagegen kann man noch auf andere Weise Keile mit variablem Winkel aus fester Substanz herstellen. Wenn man nämlich eine plankonvexe und eine plankonkave Linse von gleicher Krümmung in einander legt, so können beide gegen einander gedreht werden und ergänzen sich entweder zu einer Platte oder zu einem Keile mit variablem Winkel[2]).

Weit mannigfaltiger gestaltet sich die Kombination zweier derartiger Linsen von einer doppeltbrechenden Substanz oder gar von mehreren doppeltbrechenden Substanzen, je nach dem Verhältniss der Doppelbrechungen, der Lage der Linsenachse zu den Krystallachsen und der Richtung der Drehungsachse. Es resultiren meist vier Bilder.

Uns interessirt hier für die Gesichtswinkelmessung nur der Fall, wo diese Verhältnisse am einfachsten liegen, sodass stets nur zwei Bilder entstehen, nämlich der Fall, dass

1. die Substanz optisch einachsig ist, sodass eine Ebene existirt, in der beide Brechungsindizes unveränderlich sind, nämlich der optische Hauptschnitt;
2. die Planflächen der Linsen senkrecht zum optischen Hauptschnitte orientirt sind;
3. die Drehungsachse der Linsenbewegungen auch senkrecht dazu gerichtet ist, sodass die Achsen der entstehenden Keile stets senkrecht auf ihr stehen.

In diesem Falle koïnzidiren immer die optischen Hauptschnitte beider Linsen, und die entstehenden Keile ergeben Bilder, deren Verschiebung mit der Neigung der Planflächen gegen einander und der Richtung der Sehlinie gegen diese Flächen wächst.

Die entstehenden Keile gehören zu der ersten Art der in Abschnitt IIa besprochenen Keile, sodass sie ein Minimum der Ablenkung der beiden Bilder zeigen, wenn die Sehrichtung innerhalb des Keils senkrecht auf der den Keilwinkel halbirenden Ebene steht. In diesem Falle gestaltet sich auch die Berechnung am einfachsten, besonders für kleine Winkelgrössen. Die Skale der Drehung der Linsen gegen einander wird auch bei Distanzmessern direkt auf Keilnummern reduzirt, sei es bei Durchsicht mittels Feldstechers oder ohne denselben. Ueber den Okularen der Mikroskope können dieselben auch als Mikrometer angebracht werden.

Stellt man an die Doppellinsenkeile die Anforderung der Achromasie, so sind dieselben aus zwei Glaslinsen und zwei Krystalllinsen mit proportionalen Drehungen zu kombiniren. Die optische Werkstatt von B. Halle hat mir aus Quarz und Kalkspath je zwei Linsen hergestellt. Letztere lassen sich ohne Achromatisirung gebrauchen, bei den Quarzlinsen, deren Doppelbrechung ja nur $^1/_{15}$ derjenigen des Kalkspaths ist, müssen (um gleiche Divergenz der Doppelbilder zu erhalten) die Linsen soweit gegen einander verschoben werden, dass Keile mit 15-mal so grossen Keilwinkeln entstehen, die schon starke Farbenzerstreuung ergeben.

---

[1]) *Diese Zeitschr.* ***1.*** *S. 137. 1881.* D.R.P. Nr. 2668 vom 22. Januar 1878.

[2]) Vgl. hierüber S. Czapski, Krystallrefraktometer nach Prof. Abbe. *Jahrb. f. Mineralogie* ***7.*** *S. 178. 1890; diese Zeitschr.* ***10.*** *S. 246. 1890.*

Anstatt plankonvexe und plankonkave Linsen zu benutzen, kann man auch Zylindersegmente verwenden, aber die Herstellung der Linsenkrümmungsflächen ist leichter korrekt herzustellen als bei Zylinderflächen, besonders bei konkaven. Zur Ersparniss kann auch ein Stück einer Linse oder eines Segmentes zur Verwendung kommen.

III. Plattenmikrometer.

Auch parallelflächige Platten von doppeltbrechender Substanz können als Messinstrumente benutzt werden, weil bei senkrechter Durchsicht durch sie zwei Bilder eines Gegenstandes gesehen werden, die um eine bestimmte Grösse gegeneinander versetzt erscheinen. Diese Messung ist ausführbar, ohne dass man die Objekte berührt, dieselben können auch in mässiger Bewegung sein, sodass eine Platte von einer doppeltbrechenden Substanz eventuell für medizinische Messungen in den Höhlungen der Nase, des Ohres, des Rachens von Werth sein könnten, um die absolute Grösse eines Befundes festzustellen und besonders bei späterer Beobachtung die Grössenänderung des Befundes zu kontroliren.

Auch für Mineralogen, Zoologen und Botaniker ist es gelegentlich erwünscht Messungen von Objekten vorzunehmen, die von andern eingeschlossen sind, z. B. Einschlüsse in Krystalle.

Nun gestattet aber eine Platte von konstanter Dicke nur Messungen von einer bestimmten Grösse. Will man verschiedene Dicken messen, so könnte man, ähnlich wie bei der oben angegebenen Keilreihe, mehrere, verschieden dicke oder verschieden stark doppeltbrechende Platten neben einander anbringen, jede mit einer Blende verdeckt, durch die gesehen wird. Aus einer grossen Platte ist durch Theilung eine Anzahl von gleich wirkenden herstellbar, da die Platten ja nur klein zu sein brauchen.

Sowohl einzelne Platten wie Plattenreihen wirken mit dem Okular eines Fernrohres verbunden als Messinstrumente, während sie zur Gesichtswinkelmessung bei Durchsicht mit unbewaffnetem Auge nicht dienen können.

Es wird möglich, mittels der Platten genauer zu messen, wenn man die Dicke der Platte variabel macht. Dies geschieht, indem man sie in zwei gleiche Keile zerlegt, die gegen einander längs des Diagonalschnittes verschoben werden können.

Sieht man z. B. durch die Oeffnung einer Blende *B* durch die beiden doppeltbrechenden Keile *I* und *II*, die durch Halbirung einer Platte dargestellt sind, so stellt

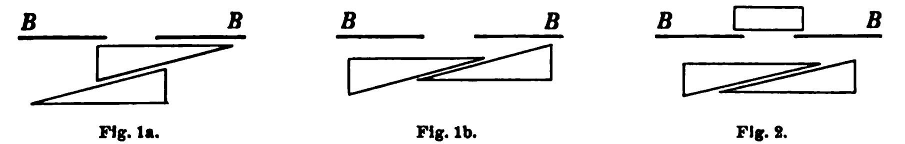


Fig. 1a. Fig. 1b. Fig. 2.

Fig. 1a den Fall dar, wo die Versetzung der Bilder möglichst gross ist. Wäre die Versetzung der Bilder in Fig. 1a 6 *mm*, so wäre sie in dem bei Fig. 1b dargestellten Falle, wo die Versetzung der Bilder eine möglichst geringe ist, nur 2 *mm*. Es sind also Grössen von 2 *mm* bis 6 *mm* bequem durch Verschiebung der Keile zu messen. Kleinere Entfernungen sind entweder zu schätzen, oder es ist, wenn die Keile auch bei Messungen bis auf 0 *mm* herunter zur Messung verwandt werden sollen, noch eine unveränderliche Platte von 2 *mm* Bildverschiebung als Kompensationsplatte anzubringen. Dieselbe muss natürlich so angeordnet sein, dass sie der halbirten Platte entgegengesetzt wirkt.

Fig. 2 stellt die schematische Anordnung der Theile in diesem Falle dar, und zwar ist die Kompensationsplatte oberhalb der Blende gezeichnet. Die beiden Keil-

hälften würden zusammen, wenn wir die optischen Verhältnisse von Fig. 1a und 1b annehmen, 3 *mm* Bildversetzung bedingen, von denen 2 *mm* durch den Kompensator von gleicher Substanz aufgehoben werden, sodass 1 *mm* Verschiebung resultirt.

Besonders hervorzuheben ist die leichte Berechnung, die bei dieser Vorrichtung Platz greift, weil die Verschiebung der Bilder der Verschiebung der Keile proportional ist.

Ich habe mir aus Kalkspath zwei Keile und eine Kompensationsplatte von der optischen Werkstatt von Steeg & Reuter anfertigen lassen, die sowohl als Mikrometer beim Mikroskop und bei der Lupe, wie auch als Gesichtswinkelmesser, mit einem kleinen Fernrohre verbunden, normal funktioniren.

Schwerin i. M., im August 1897.

Eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen[1]).

Von

Dr. F. F. Martens, wissenschaftlichem Mitarbeiter der Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin.

Lässt man in eine Glasplatte durch die zur Platte senkrechten, polirten Endflächen Licht eintreten, so werden bekanntlich alle im Glase auf die Oberflächen der Platte fallenden Strahlen total reflektirt und treten nicht in die Luft aus.

Unterbricht man nun an einer Stelle die ebenen polirten Oberflächen der Platte so, dass hier die im Glase fortgeleiteten Strahlen zum Theil abgelenkt werden, aus der Platte austreten und in ein auf die Platte blickendes Auge gelangen, so erscheint diese Stelle als Konvergenzpunkt eines sich ausbreitenden Strahlenbüschels hell und zwar hell auf dunklem Grunde, da von der umgebenden Glasoberfläche keine Strahlen ins Auge gelangen.

Zu solcher Ablenkung der im Glase fortgeleiteten Strahlen eignen sich feine, mit dem Diamant gezogene sowie gröbere geätzte Striche, am besten, wenn sie auf der dem beobachtenden Auge abgewandten Glasoberfläche befindlich sind. Der Strahlengang im Innern der Glasplatte ist dann etwa so, wie ihn Fig. 1 zeigt. Die

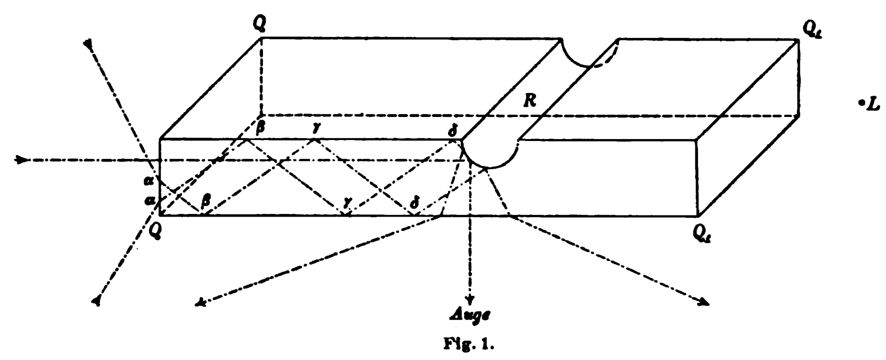


Fig. 1.

durch die Seitenwand QQ eingetretenen Lichtstrahlen $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$ werden durch Totalreflexion an den Glasoberflächen im Glase fortgeleitet. Wie sich unter dem Mikroskop zeigt, reflektirt die der Eintrittsfläche des Lichtes zugekehrte Seitenwand einer

[1]) Vorgetragen in der Physik. Ges. zu Berlin am 2. Juli 1897; vgl. *Verh. d. Physik. Ges. 16. S. 144. 1897.*

Rille *R* die auffallenden Strahlen total und lenkt sie um etwa 90° ab, sodass sie aus der Glasplatte austreten und ins Auge gelangen. Damit auch die andere Seitenwand der Rille hell erscheint, muss man auch von der anderen Seite her beleuchten; dies kann durch Aufstellung einer zweiten Lichtquelle in *L* oder durch Versilberung der zweiten Endfläche $Q_1 Q_1$ bewirkt werden.

Im Folgenden sollen einige Anwendungen der Methode der seitlichen Beleuchtung beschrieben werden.

Seitlich beleuchtete Glasmaassstäbe als Ableseskalen.

Durch seitliche Beleuchtung werden die eingeätzten Theilstriche einer längeren Glastheilung als helle Linien auf dunklem Grunde gut sichtbar.

Solche Maassstäbe eignen sich insbesondere zur Ablesung mittels Spiegel und Fernrohr und werden für diesen Zweck von der Firma Franz Schmidt & Haensch, Berlin S., Stallschreiberstr. 4, in der Weise hergestellt und montirt, wie Fig. 2 zeigt.



Fig. 2.

Auf dem Glasstreifen *a b* sind 50 *cm* in *mm* getheilt; bei längeren Theilungen ändert sich nur die Länge der ganzen Vorrichtung. An jedem Ende des Maassstabes ist eine Glühlampe von 16 bis 25 Kerzen aufgestellt; dieselbe ist bis auf einen der Endfläche des Maassstabes zugekehrten Streifen versilbert, damit möglichst viel Licht in den Maassstab eintritt. Ein Stromschlüssel gestattet, bequem beide Lampen einzuschalten. Die einzelnen Theile sind auf einem festen, schwarz polirten Holzgestell montirt; dasselbe ist an der Hinterwand mit zwei Ringen versehen, um an der Wand aufgehängt werden zu können. Die Rückwand ist aus schwarzem Tuchpapier gebildet, damit keine Lichtstrahlen von Punkten hinter der Glasplatte aus durch die Platte hindurchgehen und, zugleich mit den von den Theilstrichen ausgehenden Strahlen ins Auge gelangend, den Kontrast der hellen Theilstriche gegen ihre dunkle Umgebung abschwächen.

Das zur Ablesung einer solchen Skale benutzte Fernrohr muss eine helle Pointirungsmarke besitzen. Solche Fernrohre sind unten beschrieben.

Vor den gewöhnlich zur Spiegelablesung benutzten weissen Papierskalen mit schwarzen Theilstrichen haben seitlich beleuchtete Glasmaassstäbe folgende, theils auf dem Material, theils auf der Beleuchtungsart beruhende Vorzüge:

1. Die Länge der Theilintervalle ist konstanter. 2. Bei gleichen Theilintervallen ist die Breite der Theilstriche geringer. 3. Die Beleuchtung ist über die ganze Skale hin gleichmässig. 4. Die erreichbare Helligkeit ist um das Mehrfache grösser.

Bei Anwendung seitlich beleuchteter Skalen bestimmt nicht wie bei Anwendung von Papierskalen die Rücksicht auf ausreichende Helligkeit des Skalenbildes die Grenze, bis zu welcher man die Grösse des Ablesespiegels und damit die wirksame Oeffnung des Fernrohrobjektivs verringern kann, sondern die Rücksicht auf ausreichendes Auflösungsvermögen des Fernrohres. Die oben gezeichnete Skale wurde

350 *cm* vom Ablesespiegel entfernt aufgestellt; das Objektiv des Fernrohres war etwa 25 *cm* vom Ablesespiegel entfernt. Verringerte man mittels einer Irisblende die wirksame Oeffnung des Ablesespiegels bis auf etwa 5 *mm*, so erschien an Stelle der kurzen Theilstriche ein breites helles Band, während die längeren Theilstriche und die Zahlen deutlich ablesbar waren.

Untersuchung sphärischer, spiegelnder Flächen mittels seitlich beleuchteter Maassstäbe.

Seitlich beleuchtete Maassstäbe eignen sich ferner zur Bestimmung des Krümmungsradius und zur Prüfung der Oberflächen sphärischer spiegelnder Flächen.

Ist eine solche Theilung im Mittelpunkte eines Hohlspiegels senkrecht zur Spiegelachse aufgestellt, so entwirft der Hohlspiegel am Orte der Theilung ein Spiegelbild der Theilung. Das Zusammenfallen der gespiegelten und der wirklichen Theilung erkennt man, mit blossem Auge oder mit Hülfe einer Lupe in der Richtung nach dem Spiegel hin auf die Theilungen blickend, an der Abwesenheit der Parallaxe sowie an der gleichen Grösse der Theilintervalle. Zeigen sich bei der gespiegelten Theilung die Theilstriche verwaschen oder die Intervalle aufgehellt, so besitzt der Hohlspiegel fehlerhafte Oberflächen. In analoger Weise kann man unter Zuhülfenahme einer Sammellinse oder eines Hohlspiegels konvexe spiegelnde Flächen untersuchen.

Seitlich beleuchtete Striche auf Glas als helle Pointirungsmarken in Fernrohren.

Die Fädenbeleuchtung in astronomischen Instrumenten bewirkt man seit Fraunhofer gewöhnlich so, dass man von der Okularseite her Licht auf das Sehfeld fallen lässt; die im Sehfelde befindlichen Pointirungsmarken, gewöhnlich Spinnfäden, reflektiren dann die auffallenden Lichtstrahlen zum Theil durch das Okular ins Auge und werden dadurch als helle Linien sichtbar. Hr. Prof. Abbe und Hr. Dr. Czapski haben eine andere Methode[1]) ersonnen, bei welcher eingeschwärzte Diamantstriche auf Glas, von der Objektivseite her beleuchtet, durch Beugung Licht ins Auge senden und dadurch hell erscheinen.

Mechanisch einfacher ist es, durch eine schmale, seitliche Oeffnung der Okularhülse Licht auf die Randfläche einer im Sehfelde angebrachten, mit Diamantstrichen versehenen Glasplatte fallen zu lassen. Sind die Oberflächen der Platte gut polirt und rein, so bleibt das Gesichtsfeld völlig dunkel.

Die Einfachheit dieser Konstruktion fällt besonders ins Gewicht, wenn in kleineren Fernrohren helle Pointirungsmarken erforderlich sind. Dies ist z. B. der Fall in Ablesefernrohren, welche zur Ablesung dunkler Skalen mit hellen Theilstrichen dienen sollen. Auch in Spektrometerfernrohren dürften Okulare mit beleuchtbaren Pointirungsmarken für die Beobachtung dunkler Spektralgebiete von Vortheil sein. Vor anders erzeugten hellen Pointirungsmarken unterscheiden sich hier seitlich beleuchtete noch dadurch, dass sie ohne weiteres zur Autokollimation nach Gauss verwandt werden können.

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **5.** *S. 347. 1885.*

Instrumentalaberrationen und astronomische Beugung des Lichts.

Von

Karl Strehl, K. Gymnasiallehrer zu Weissenburg a. S.

I. Sphärische Aberration und Astigmatismus.

Es giebt drei Methoden, Beugungserscheinungen zu studiren, zwei experimentelle, nämlich Beobachtung mit dem blossen oder bewaffneten Auge einerseits, photographische Fixirung andererseits, und eine theoretische in der Berechnung der optischen Vorgänge beruhende. Handelt es sich im Allgemeinen darum, den totalen Charakter der Erscheinung auf einmal kennen zu lernen, insbesondere beim Zusammenwirken aller möglichen Wellenlängen, dann empfiehlt sich der Leichtigkeit und Schnelligkeit der Ausführung wegen die experimentelle Beobachtung. Sie gestattet ausserdem bei Anwendung monochromatischen Lichtes die exakte Ausmessung der hellsten und dunkelsten Orte der Beugungserscheinung. So hat unter anderen v. Lommel zur experimentellen Bestätigung seiner theoretischen Studien über die Beugungswirkung kreisförmiger und geradliniger Oeffnungen umfangreiche Beobachtungen mit Auge und Lupe gemacht, Dr. Straubel in Jena dagegen zum Studium der Uebereinanderlagerung von Beugungswirkungen verschiedener Oeffnungen lehrreiche Photogramme angefertigt. Für praktische Zwecke aber, sowohl die Konstruktion der Instrumente als auch die Beobachtung mit denselben betreffend, sind zwei andere Punkte ungleich viel wichtiger, nämlich die Lichtstärke der Mitte des Beugungsbildes in absolutem Maass und die relativen Lichtstärken rings um die Mitte (den seitlichen Abfall des Lichtberges), als maassgebend für das Auflösungsvermögen, kennen zu lernen. Und dies vermögen die beiden ersten Methoden nicht zu leisten. Denn, wenn man auch daran denken wollte, mittels äusserst empfindlicher Bolometermessungen die nöthigen Angaben zu sammeln, so hätte man doch immer nur die Kenntniss eines speziellen Falles, der gerade für die Messung zusammengestellten Vorrichtung, während die aus theoretischem Studium sich ergebenden Endresultate, d. i. mathematischen Formeln, hier den Vorzug haben, alle möglichen Fälle mit einem Mal zu umfassen und, wenn sie nur allgemein genug sind, nach jeder beliebigen Richtung anwendbar zu sein. Den Umstand, dass sie gestatten, die Maasse der Orte der Lichtmaxima und Lichtminima durch fortgesetztes Dividiren auf noch mehr Dezimalstellen zu finden, als dies die direkte Beobachtung zulässt, möchte ich nicht so sehr urgiren, da auch die exaktesten Formeln stets mehr oder minder auf dem Boden von Näherungsvoraussetzungen, d. i. Vernachlässigungen physikalischer Verhältnisse, aufgebaut sind, wenn sich auch nicht leugnen lässt, dass gewisse feine Züge der Erscheinung infolge mangelnder Empfindlichkeit des Auges oder der photographischen Platte durch umfangreiche mühsame Berechnung besser gefunden werden können.

In einer früheren Studie „Aplanatische und fehlerhafte Abbildung im Fernrohr" (*diese Zeitschr. 15. S. 362. 1895*), auf welche ich mir schon aus dem Grund hinzuweisen erlaube, um hier Weitschweifigkeiten vermeiden zu können, da die dort am Schlusse zusammengestellte Zeichenerklärung auch für alle späteren Veröffentlichungen mitgilt, habe ich Berechnungen aller wichtigen Aberrationen für den Fall geringen Grades derselben mitgetheilt. Insbesondere ging aus denselben hervor, dass es für Fernrohrobjektive leicht möglich ist, diese Fehler in unschädlichen Grenzen zu halten. Bei der Konstruktion von z. B. photographischen Objektiven jedoch ist man gezwungen, zur Erreichung anderweitiger Vortheile grössere Abweichungen zuzulassen, ohne dass in den Lehren der hier zur Verwendung kommenden geometrischen (trigonometrischen)

Optik ein Grund zu finden wäre, welcher feststellen könnte, wo die zulässige Grenze dieser Abweichungen liegt. Aus diesem Grunde und wegen der Wichtigkeit der Untersuchung der Abbildungsweise seitlich von der Achse in den neuen astronomisch-photographischen Fernrohren habe ich für zwei der wichtigsten Aberrationen, sphärische Aberration und Astigmatismus, die Wirkung stärkerer Grade nach der Beugungstheorie berechnet.

Wenn ich mich hierbei auf die Berechnung der Lichtstärke in ganz speziellen Punkten längs der optischen Achse beschränkt habe, so geschah dies aus folgenden Gründen: Einmal genügt dies direkt für die Frage nach der absoluten Lichtstärke in der Mitte des Beugungsbildes, womit auch das Definitionsvermögen bezw. die Nutzbarmachung des absoluten Auflösungsvermögens des Systems indirekt zusammenhängt. Was zum andern dieses absolute Auflösungsvermögen selbst betrifft, so tritt eine merkliche Verringerung desselben erst bei so starker Reduzirung der Lichtstärke in der Mitte des Beugungsbildes (jeweiligen optischen Achse) ein, welche bereits aus anderen Gründen, d. h. eben an und für sich schon verworfen werden muss[1]). Die auf *S. 63* meiner „Theorie des Fernrohrs" von mir entwickelte Formel für sphärische Aberration reicht im Zusammenhalten mit der Genauigkeit der durch v. Lommel berechneten Bessel'schen Funktionen (6 bis 7 Dezimalstellen) gerade aus, um den Fall $\mathfrak{A} = 2$ bis auf Hundertel der vollen Lichtstärke genau zu berechnen. In diesem Falle beträgt aber die Veränderung der Lichtstärke im ganzen Brennraum, wie man aus Tabelle II und dem in der ersterwähnten Abhandlung Gesagten erkennt, im Maximum nur 2 % der Einheit, eine Grösse, die bereits unter die Empfindlichkeitsschwelle des Auges sinkt. Wenn auch diese geringen Modifikationen für den theoretischen Physiker von Interesse sind, so glaubte ich doch in dieser, in erster Linie dem praktischen Physiker gewidmeten Studie keinen zwingenden Grund zu finden, um nicht von der mühsamen und zeitraubenden Berechnung bezw. auch noch Weiterentwicklung der Formel vorläufig absehen zu dürfen.

Tabelle I.

$a =$ 1 *mm*	$\frac{2\mathfrak{r}}{p}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{80}$
	$\mathfrak{A}$	$\frac{5}{2}\pi$	$\frac{5}{8}\pi$	$\frac{5}{32}\pi$	$\frac{5}{128}\pi$
$\lambda =$ $^1/_2\,\mu$	$\mathfrak{D}$	5π	$\frac{5}{4}\pi$	$\frac{5}{16}\pi$	$\frac{5}{64}\pi$

In vorstehender Tabelle zunächst finden sich in der 1. Zeile 4 Werthe für den Maassstab des Systems, d. h. das Verhältniss von dem Durchmesser $2\mathfrak{r}$ der freien Oeffnung zu der Brennweite p des Systems angegeben, wie sie durchschnittlich in der Praxis vorkommen mögen. Sollte man bei photographischen Systemen in Zweifel sein, welche Ebene man als die der freien Oeffnung zu betrachten habe, so ist hier zu bemerken, dass $2\mathfrak{r}$ nicht schlechthin den Durchmesser der „Blendenöffnung" und p die „äquivalente Brennweite" bedeuten muss, sondern man kann an beliebiger Stelle durch den Strahlenkegel eine Ebene legen und $2\mathfrak{r}$ bezw. p beziehen sich dann auf den Durchschnitt dieser Ebene mit dem Strahlenkegel bezw. auf den Abstand des Durchschnittes von dem Brennpunkt. In der 2. und 3. Zeile finden sich dann entsprechend die Werthe für die maassgebenden beugungstheoretischen Grössen

[1]) Vgl. meine letzten Studien, *diese Zeitschr. 17. S. 50, S. 77 und S. 165. 1897;* insbesondere die auf *S. 169* gemachten Ausführungen.

𝔄 bezw. 𝔔, mit denen man in Tabelle II eingehen muss. Vorausgesetzt ist dabei, dass $a = 1\,mm$, d. h. bei der sphärischen Aberration der Abstand zwischen den Vereinigungspunkten der Randstrahlen und Achsenstrahlen, bei dem Astigmatismus der Abstand der beiden Brennlinien von einander, je $= 1\,mm$ sei und dass die Wellenlänge $\lambda = {}^1/_{2000}\,mm$ sei. Liegen in der Praxis für a bezw. λ andere Werthe vor, so kann man die dazugehörigen Werthe 𝔄 bezw. 𝔔 mit Leichtigkeit aus den gegebenen ableiten, indem man beachtet, dass 𝔄 bezw. 𝔔 einfach zu a direkt bezw. zu λ umgekehrt proportional sind; für Zwischenwerthe des Maassstabes gilt, dass 𝔄 bezw. 𝔔 zum Quadrat dieser Werthe, d. h. zu $\left(\frac{2\,\mathfrak{r}}{p}\right)^2$ direkt proportional sind. Es ist nämlich

$$\mathfrak{A} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \left(\frac{\mathfrak{r}}{p}\right)^2 \text{ bezw. } \mathfrak{Q} = \pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot \left(\frac{\mathfrak{r}}{p}\right)^2.$$

Hat man so für den vorliegenden Fall die Hauptgrössen bestimmt, so findet man in nachstehender Tabelle für die wichtigsten Punkte der optischen Achse die Lichtstärke in Hunderttheilen des vollen Werthes angegeben, als welcher die Lichtstärke im *Brennpunkt* eines *aplanatischen* Systems gleicher Oeffnung und Brennweite anzusehen ist. Diese Punkte sind: einmal der Symmetriepunkt, d. h. die Mitte der Abweichungslänge a (bezeichnet mit $\Delta = 0$), zum andern der Vereinigungspunkt der Randstrahlen bezw. Achsenstrahlen für die sphärische Aberration einerseits, der Durchschnittspunkt der optischen Achse mit der waagrechten oder senkrechten Brennlinie für den Astigmatismus andererseits, also die Endpunkte der Abweichungslänge a (bezeichnet mit $\Delta = \pm\, a/2$), endlich für die sphärische Aberration noch die zwei mitten zwischen den vorigen gelegenen Punkte (bezeichnet mit $\Delta = \pm\, a/4$), von denen der eine in erster Annäherung der Ort der engsten Einschnürung des *geometrischen* Strahlenkomplexes ist. Man wird sich erinnern, dass die Lichtvertheilung *längs der optischen Achse* sowohl für die sphärische Aberration als auch für den Astigmatismus zum Punkt $\Delta = 0$ *symmetrisch* ist. Die beiden Räume vor und hinter der Symmetrieebene unterscheiden sich bezüglich der Lichtvertheilung von einander bei der sphärischen Aberration lediglich durch geringe Modifikationen *seitlich von der optischen Achse*, welche in der ersterwähnten Abhandlung für $\mathfrak{A} = 1$ gerade noch merkbar hervortreten, bei dem Astigmatismus lediglich in der Richtung der Lichtvertheilung mit Beziehung auf zwei zu einander senkrechte Lagen. Ich habe ferner zu bemerken, dass wiederum ein +Zeichen hinter dem Werth der Lichtstärke bedeutet, dass die Dezimalstellen 25 bis einschliesslich 74 folgen würden; der Fehler der Angabe beträgt demnach weniger als $\pm\,{}^1/_4\,\%$ des vollen Werthes. Was die eingeklammerten Zahlen betrifft, so geben sie diejenige Lichtstärke an, welche in dem betreffenden Punkt der optischen Achse sich finden würde, wenn *Aplanatismus*, also *keine* sphärische Aberration bezw. Astigmatismus vorhanden wäre, damit man den Verlust richtig zu schätzen wisse; im Symmetriepunkt würde natürlich in diesem Falle die eingeklammerte Zahl 100 sein.

Gehen wir nun in eine nähere Diskussion dieser Tabelle ein. Zunächst erkennen wir eben aus diesen eingeklammerten Zahlen, dass es unzweckmässig war, die sphärische Aberration speziell für den Vereinigungspunkt der Achsenstrahlen zu berechnen, wie dies Lord Rayleigh that. Man musste so nothwendig zu falschen Schlüssen über den Einfluss dieses Fehlers auf die Lichtstärke kommen. Z. B. für $\mathfrak{A} = 3$ würde man als Lichtstärke nur 43% des vollen Werthes bekommen. Allein bei vollständiger Abwesenheit der sphärischen Aberration wäre die Lichtstärke an dieser selben Stelle der optischen Achse auch nur 44%, während sie vielmehr beim Vorhandensein einer sphärischen Aberration vom Betrag $\mathfrak{A} = 3$ im Symmetriepunkt das Maximum 95%

erreicht, sodass die Verringerung der vollen Lichtstärke um 5% eben anfängt, die Empfindungsschwelle des Auges merklich zu überschreiten. Die früheren Untersuchungen meinten also die sphärische Aberration zu treffen, betrafen aber, wie ich schon *a. a. O.* erwähnte, lediglich die Abnahme der Lichtstärke beiderseits vom Brennpunkt längs der optischen Achse. Durch vorstehende genaue Darlegung an einem Zahlenbeispiel dürfte diese eigenthümliche Sachlage wohl ganz klar gekennzeichnet sein.

Tabelle II.

$\mathfrak{A}$	$\Delta = 0$	$\Delta = \pm \frac{a}{4}$	$\Delta = \pm \frac{a}{2}$	$\mathfrak{Q}$	$\Delta = 0$	$\Delta = \pm \frac{a}{2}$
0	100	100 (100)	100 (100)	0	100	100 (100)
1	99+	97+ (98)	91+ (92)	1	96	94 (98)
2	98	90 (92)	69+ (71)	2	84+	78 (92)
3	95	79 (82+)	43 (44)	3	68+	57+ (82+)
4	91+	65+ (71)	21+ (20+)	4	51	38+ (71)
5	87	52 (57+)	10 (05+)	5	34+	25 (57+)
6	81+	39+ (44)	08+ (00)	6	21+	18 (44)
7	76	30 (31+)	11 (01)	7	12	16+ (31+)
8	69+	23+ (20+)	13 (03+)	8	06+	16 (20+)

Was sodann den Gang der sphärischen Aberration anbetrifft, so ergiebt sich, dass selbst bei ziemlich starken Abweichungen z. B. $\mathfrak{A} = 2$, wie sie wohl kein Optiker ohne Noth in einem Fernrohrobjektiv lassen wird, die Abnahme der Lichtstärke noch unter der Empfindungsschwelle des Auges bleibt, welche bekanntlich bei 3% bis 4% für mittlere Lichtstärken liegt. Wenn ich mir erlaube, bei dieser Gelegenheit an die Abhandlung „Die Justirung und Prüfung von Fernrohrobjektiven" von der Firma T. Cooke & sons; übersetzt von Dr. Rudolph Straubel in Jena (*diese Zeitschr. 14. S. 113. 1894*) zu erinnern, so möchte ich der Meinung Ausdruck geben, dass es schwerlich möglich ist, *geringe* Reste der sphärischen Aberration, wie sie in einem nicht völlig verfehlten Fernrohrobjektiv vorkommen mögen, durch Beobachtung von Modifikationen des Beugungsbildes seitlich von der Achse mit dem *Auge* festzustellen. Nach den Erfahrungen, welche Dr. H. Schroeder über Schliff und Politur optischer Flächen neuerdings mitgetheilt hat, ist es mir eher wahrscheinlich, dass solche Modifikationen im Aussehen des Beugungsbildes eines leuchtenden Punktes von Zonenfehlern bei der mechanischen Herstellung herrühren. Ich bin im Laufe meiner Studien immer mehr von der Aengstlichkeit in Bezug auf die Schädlichkeit von sphärischer Aberration *geringen* Grades zurückgekommen und glaube, dass deren Einfluss bei weitem überschätzt worden ist, wenn ich auch der Meinung bin, dass man eine solche rechnerisch nicht ohne Noth, d. h. nicht grösser, als man ohne zu mühsame Berechnung erreichen kann, lassen soll, schon aus dem Grunde, weil dadurch die möglichst strenge Einhaltung der Sinusbedingung, also die Güte der Bilder seitlich von der optischen Achse, schädlich beeinflusst wird.

Die Berechnung obiger Werthe für die sphärische Aberration erfolgte nach der Formel auf *S. 68* meiner „Theorie des Fernrohrs". Es sei mir an dieser Stelle gestattet, eine Auslassung in genanntem Werke zu verbessern. Die betreffende Formel würde für Werthe von $\mathfrak{q}$ ausserhalb des Bereiches $\mathfrak{q} = 0$ bis $\mathfrak{q} = 1$ also z. B. für *negative* Werthe von $\mathfrak{q}$ ihre Gültigkeit verlieren. Sie erhält dieselbe jedoch sofort wieder, wenn man nur beachtet:

Für negative Werthe von $\mathfrak{q}$ hat man in jeder Klammer statt der Summe vielmehr die Differenz der beiden Integrale zu nehmen.

Gehen wir nun zum Astigmatismus über. Sowohl für den Brennpunkt als auch theilweise für den Symmetriepunkt wurde die Lichtstärke aus Reihenentwicklungen gewonnen, für letzteren, wiewohl ich im Nachtrag meiner „Theorie des Fernrohrs" eine elegante Formel angegeben habe, aus dem Grund, um bei den Werthen $\mathfrak{Q} = 1$, 3, 5, 7 die Interpolation der nur für ganzzahlige Werthe der Variabeln berechneten Bessel'schen Funktionen umgehen zu können. Ich will die beiden Reihen hier mittheilen:

$$M^2(\Delta = 0) = \left\{ 1 - \frac{1 \cdot \mathfrak{Q}^2}{2^2 \cdot 2 \cdot 6} + \frac{3^2 \cdot \mathfrak{Q}^4}{2^4 \cdot 24 \cdot 120} - \frac{15^2 \cdot \mathfrak{Q}^6}{2^6 \cdot 720 \cdot 5040} + \frac{105^2 \cdot \mathfrak{Q}^8}{2^8 \cdot 40\,320 \cdot 362\,880} - \frac{945^2 \cdot \mathfrak{Q}^{10}}{2^{10} \cdot 3\,628\,800 \cdot 39\,916\,800} \pm \cdots \right\}^2$$

$$M^2\left(\Delta = \pm \frac{a}{2}\right) = 1 - \frac{1}{1 \cdot 2} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^2}{2^3} + \frac{3}{2^2 \cdot 6} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^4}{2^6} - \frac{15}{6^2 \cdot 24} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^6}{2^9} + \frac{105}{24^2 \cdot 120} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^8}{2^{12}} - \frac{945}{120^2 \cdot 720} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^{10}}{2^{15}} + \frac{10\,395}{720^2 \cdot 5040} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^{12}}{2^{18}} - \frac{135\,135}{5040^2 \cdot 40\,320} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^{14}}{2^{21}} + \frac{2\,027\,025}{40\,320^2 \cdot 362\,880} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^{16}}{2^{24}} - \frac{34\,459\,425}{362\,880^2 \cdot 3\,628\,800} \cdot \frac{\mathfrak{Q}^{18}}{2^{27}} \pm \cdots$$

Die Koëffizienten sind bekannte figurirte Zahlen; das Gesetz bei beiden Reihen lässt sich leicht erkennen; für Werthe von $\mathfrak{Q} < 8$ kommt man natürlich mit weniger Gliedern für die gewählte Genauigkeit aus.

Die Reihe für M^2 $(\Delta = \pm a/2)$ ist noch aus einem andern Grunde wichtig: es ist zugleich die Formel für die Lichtstärke im Brennpunkt einer *Zylinderwelle*; man hat nur an Stelle von $\mathfrak{Q}$ zu setzen $\mathfrak{E} = \frac{\pi \mathfrak{r}^2}{\lambda p}$; beispielsweise wird für $\mathfrak{r} = 1$ *mm* und $p =$ 1000 *mm* (welcher Fall in einem Augenglas für den geringsten Grad von Astigmatismus vorliegen kann) bereits $\mathfrak{E} = 2\pi$; für stärkere Grade müsste man also entweder die Reihe noch weiter entwickeln, oder man erhält das Resultat in den Hunderteln nicht mehr genau. Eigentlich wären beide Reihen noch mit dem bekannten Lichtverdichtungsfaktor $\left(\frac{\pi \mathfrak{r}^2}{\lambda p}\right)^2$ zu multipliziren, um dem Gesetz der Erhaltung der Energie zu genügen.

Was nun den Gang des Astigmatismus betrifft, so wollen wir uns die Anwendung der Tabelle an einem Beispiel klar machen. Wie ich aus Winkelmann's „Handbuch der Physik" *2. S. 221* entnehme, beträgt in einem Zeiss-Anastigmaten 1 : 18 bei einem Bildwinkel von 40° der Astigmatismus + 1,0 und die mittlere Bildwölbung + 0,5 für eine Brennweite von 100 *mm*; *für diese Brennweite* ist also $a = 1$ *mm* sowie $\frac{2\mathfrak{r}}{p} = \frac{1}{18}$ und, wie wir aus Tabelle I entnehmen, alsdann $\mathfrak{Q} = 4{,}84$; gehen wir damit in Tabelle II ein, so finden wir, dass die Lichtstärke im Symmetriepunkt über 35%, im Brennpunkt (hier zugleich Bildpunkt, indem die mittlere Bildwölbung gerade halb so gross als der Astigmatismus ist) über 25% beträgt, ein gegenüber anderen Systemen sehr günstiges Resultat; denn vielfach gelangt man zu ganz enormen Werthen von $\mathfrak{Q}$, und wenn man auch berücksichtigt, dass in Folge der bedeutenden Grösse des Korns gerade bei den empfindlichen Platten ja nicht nur der Mittelpunkt der Beugungsfigur, sondern unter Umständen der grössere Theil des Lichtgebirges auf ein einziges empfindliches Element trifft, so muss ich es nach unserer Tabelle doch dahingestellt sein lassen, ob man sich mit der „Schärfe" des Bildes in solchen Fällen zufrieden geben will oder nicht. Auf jeden Fall giebt die Berechnung der Grösse $\mathfrak{Q}$ das richtige Maass an die Hand, um verschiedene Systeme mit einander zu vergleichen und nach ihrer Güte in eine Reihenordnung zu bringen, was sich mit der blossen Kenntniss des Betrages a in keiner Weise bewerkstelligen lässt. Unter keinen Umständen kann

ich mit der in der Mittheilung C. P. Goerz' neues Doppelobjektiv (*Centralzeitung f. Optik u. Mechanik 17. S. 132. 1896*) befindlichen Aeusserung übereinstimmen, wobei es sich um ein photographisches Objektiv handelt, das für 30 *mm* Oeffnung und 240 *mm* Brennweite bei einer Neigung von 30° gegen die optische Hauptachse und Zusammenfallen der Bildebene mit der Brennlinie der Meridionalstrahlen einen Astigmatismus von der Grösse $a = 12$ *mm* ergiebt: „Dieser thatsächlich noch vorhandene Rest von Astigmatismus übt auf die Schärfe des Randbildes keinen grösseren Einfluss aus, als ihn die sekundäre sphärische Abweichung in der Achse hervorbringt.“ Hier stehen Behauptung und Rechnung einander direkt gegenüber, und ich überlasse es dem Leser, welcher von beiden er mehr glauben will.

II. Chromatische Aberration.

Indem ich mir erlaube, zur Vermeidung von Weitschweifigkeiten (insbesondere die Erklärung der Zeichen und Tabellen betreffend) auf meine oben erwähnten zwei Studien „Ueber den Einfluss der chromatischen Korrektion auf die Lichtstärke und Definition der Bilder“ und „Ueber die Farbenabweichung der Fernrohrobjektive und des Auges“ zu verweisen, will ich noch in die Beantwortung zweier Fragen eingehen, deren Aufstellung mir speziell im Interesse der Praxis nützlich schien, nämlich an einem reellen Fall einerseits nachzuweisen, welche Wirkung eine mässige Veränderung der Brennweite auf die Lichtkonzentration im Brennpunkt, d. i. im Mittelpunkt des Beugungsscheibchens eines leuchtenden Punktes ausübt, andererseits den seitlichen Lichtabfall des Beugungsscheibchens mit Rücksicht auf die gleichzeitige Wirksamkeit aller Farben des Spektrums zu untersuchen und festzustellen, in welcher Weise das Auflösungsvermögen durch die chromatische Aberration beeinflusst wird. Ich halte mich wiederum in beiden Fällen an den schon früher behandelten Refraktor von Reinfelder zu Monrepos von 217 *mm* Oeffnung und 259 *cm* Brennweite.

Tabelle III.

λ	$\varDelta$:	a =	z	φ ×	i =	w
63	100	113	89	01	23	23
	92	112	82	05	30	150
62	85	111	77	07	39	273
	78	110	71	12	46	552
61	71	109	65	19	52	988
	64	108	59	27	58	1 566
60	57	107	53	36	64	2 304
	50	106	47	46	69	3 174
59	43	105	41	56	74	4 144
	36	104	35	66	78	5 148
58	30	103	29	76	84	6 384
	24	102	24	83	88	7 304
57	18	101	18	90	91	8 190
	11	100	11	97	94	9 118
56	05	99	05	99	97	9 603
	01	98	01	100	99	9 900
55	0	97	0	100	100	10 000
	02	96	02	100	99	9 900
54	08	95	08	98	98	9 604
	17	94	18	90	95	8 550
53	31	93	33	70	91	6 370
	49	92	53	36	87	3 132
52	68	91	75	09	81	729
						117 106

λ	$\varDelta$:	a =	z	φ ×	i =	w
59	43	52	83	04	74	296
	36	52	70	13	78	1 014
58	30	51	59	27	84	2 268
	24	51	47	46	88	4 048
57	18	50	36	65	91	5 915
	11	50	22	85	94	7 990
56	05	50	10	97	97	9 409
	01	49	02	100	99	9 900
55	0	49	0	100	100	10 000
	02	48	04	100	99	9 900
54	08	48	17	91	98	8 918
	17	47	36	65	95	6 175
53	31	47	66	18	91	1 638
						77 471
	24	26	92	01	88	88
57	18	25	72	11	91	1 001
	11	25	44	50	94	4 700
56	05	25	20	88	97	8 536
	01	25	04	100	99	9 900
55	0	24	0	100	100	10 000
	02	24	08	98	99	9 702
54	08	24	33	70	98	6 860
	17	24	71	12	95	1 140
						51 927

Um zunächst den Einfluss der Wahl der Brennweite festzustellen, gab ich dem Objektiv einerseits die doppelte, andererseits die halbe Brennweite bei unveränderter Oeffnung. Da die beugungstheoretische Grösse $\mathfrak{D} = \pi \cdot \frac{\Delta}{\lambda} \cdot \left(\frac{r}{p}\right)^2$ ist, welche die Lichtstärke längs der optischen Achse bestimmt, und die chromatischen Längenabweichungen Δ zur Brennweite p direkt proportional sind, so halbiren sich die charakteristischen Zahlen $\mathfrak{D}$ oder z bei Verdoppelung der Brennweite und verdoppeln sich bei Halbirung derselben, wie man dies sofort in vorstehender Tabelle erkennt (die chromatischen Längenabweichungen Δ in dieser Tabelle wurden durchgehends unverändert gelassen, dafür die charakteristischen Entfernungen a statt im quadratischen Maasse vielmehr nur im einfachen mit der Brennweite verändert, was *rechnerisch* auf das gleiche hinauskommt; unter Δ möge man also hier nicht die absoluten, sondern blos die relativen chromatischen Längenabweichungen verstehen, was ich zur Vermeidung eines Missverständnisses ausdrücklich hervorheben will).

Es ergiebt sich nun aus dieser Tabelle, wenn man 231 600 als Grenzwerth für die einer unendlich langen Brennweite entsprechende Lichtsumme setzt,
die der wirklichen Brennweite = 259 *cm* entsprechende Lichtsumme 77 471 = 33,5 %,
die der doppelten Brennweite = 519 *cm* entsprechende Lichtsumme 117 106 = 50,6 %,
die der halben Brennweite = 130 *cm* entsprechende Lichtsumme 51 927 = 22,4 %.

Man kann dieses Resultat etwa folgendermaassen ausdrücken: *Bei den bisher gebräuchlichen Verhältnissen in der Wahl der Glassorten und der Brennweite gewinnt man durch deren Verdoppelung um die Hälfte mehr Licht.*

Damit glaube ich den praktischen Optikern die Möglichkeit gegeben zu haben zu überschlagen, welchen Vortheil sie durch Vergrösserung der Brennweite erwarten können, bezw. welchen Nachtheil sie durch das Verlangen, die Brennweite zu verkürzen, mit in Kauf nehmen müssen.

Gehen wir nun zum Studium der anderen Frage über.

Tabelle IV.

λ	Δ	: a	= z	φ_0	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	φ_8	φ_9	$\times\, i$
59	43	54	80	06	03	04	06	08	06	03	02	02	01	74
58	30	53	57	30	24	12	08	07	05	02	01	01	01	84
57	18	52	35	66	52	23	07	05	04	01	00	01	00	91
56	05	51	10	97	75	33	05	01	02	01	00	00	00	97
55	0	50	0	100	77	33	05	00	02	01	00	00	00	100
54	08	49	16	92	72	32	05	02	02	01	00	01	00	98
53	31	48	64	20	16	09	07	08	06	03	02	02	01	91

λ	w_0	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9
59	444	222	296	444	592	444	222	148	148	74
58	2 520	2 016	1 008	672	588	420	168	84	84	84
57	6 006	4 732	2 093	637	455	364	91	0	91	0
56	9 409	7 275	3 201	485	97	194	97	0	0	0
55	10 000	7 700	3 300	500	0	200	100	0	0	0
54	9 016	7 056	3 136	490	196	196	98	0	98	0
53	1 820	1 456	819	637	728	546	273	182	182	91
	39 215	30 457	13 853	3865	2656	2364	1049	414	603	249
	100	78	35	10	07	06	03	01	02	01

Man findet in vorstehender Tabelle nicht blos 1 sondern vielmehr 10 Werthe von φ und w entsprechend 10 verschiedenen Abständen (Radien der Beugungsringe) von der optischen Achse in der Brennebene, für welche die beugungstheoretische

Grösse $Z = \frac{2\pi r \sigma}{\lambda p}$ nacheinander die Werthe 0 bis einschl. 9 annimmt. Für $Z = 0$, d. h. bei ausschliesslicher Betrachtung von φ_0 und w_0, stimmt diese Tabelle mit dem mittleren Theil der vorigen überein, mit dem einzigen Unterschied, dass ich hier die Untersuchung der Einfachheit wegen nur für ganze Werthe 53 bis einschliesslich 59 von λ durchgeführt habe. Die 10 verschiedenen Lichtsummen entsprechen den aufeinanderfolgenden Intensitäten im Brennpunkt und den ihn umgebenden 9 Beugungsringen; in der letzten Zeile habe ich dieselben reduzirt auf den Werth 100 als Einheit, welcher die Lichtstärke im Brennpunkt darstellt. Vergleicht man nun den seitlichen Lichtabfall im Beugungsscheibchen bei monochromatischem grüngelben Licht von der Wellenlänge $\lambda = 0{,}55\ \mu$ mit dem entsprechenden bei gleichzeitigem Wirken aller Farben innerhalb des Intervalls $\lambda = 0{,}53\ \mu$ bis einschliesslich $\lambda = 0{,}59\ \mu$, so erhält man folgende Uebersicht:

Z =	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lambda = 0{,}55\ \mu$	100	77	33	05	00	02	01	00	00	00
$\lambda = \begin{cases} 0{,}59 \\ 0{,}53 \end{cases} \mu$	100	78	35	10	07	06	03	01	02	01

Während sich für die erste Lichtkurve als Grenze des Auflösungsvermögens bei 0 % Empfindlichkeit des Auges der Werth $Z = 2{,}95$ ergab[1]), findet sich für die zweite Lichtkurve als Grenzwerth etwa $Z = 3{,}0$, d. h. ziemlich das gleiche; man kann demnach sagen: *die starke chromatische Aberration der gebräuchlichen „achromatischen" Fernrohre verringert im Gegensatz zu der Herabdrückung der Lichtstärke im Brennpunkt bis auf $^1/_3$ des vollen Werthes nicht sowohl das Auflösungsvermögen an und für sich als vielmehr die Nutzbarmachung desselben infolge der begrenzten Empfindlichkeit des Auges oder der photographischen Platte.*

Ich habe mir bei der Berechnung der letzten Tabelle einige Vereinfachungen gestattet, nämlich die Werthe Z für sämmtliche Farben trotz des Nenners λ als gleich angenommen; der Fehler in den Werthen φ wird jedoch dadurch nicht viel grösser als etwa 1 Hundertel, ausserdem haben die beiden Seiten des Spektrums „roth" und „blau" entgegengesetzte Wirkungen, welche sich gegenseitig grösstentheils aufheben. Der Umstand, dass die Farben ausserhalb des Intervalls $\lambda = 0{,}53\ \mu$ bis $\lambda = 0{,}59\ \mu$ überhaupt nicht berücksichtigt wurden, lässt das Resultat um eine Kleinigkeit günstiger erscheinen, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Im Uebrigen ist ersichtlich, dass diese Tabelle in ihren Zahlenwerthen nicht den gleichen Anspruch an Genauigkeit macht, wie die übrigen; für die Eruirung des Resultates ist dies hier nicht erforderlich.

Zum Schlusse dieser Untersuchungen will ich noch in eine vergleichende Besprechung der wichtigsten Aberrationen mit besonderer Berücksichtigung des Fernrohrobjektivs eingehen.

1. *Chromatische Aberration*: Diese ist die bedeutendste und schädlichste aller Abweichungen, einmal wegen der starken Herabdrückung der für die Sichtbarmachung an und für sich sowie für die Definition nothwendigen spezifischen Lichtstärke, zum anderen wegen der mit letzterem Hand in Hand gehenden indirekten Schädigung des Auflösungsvermögens durch Verschleierung der feinsten Strukturelemente des Bildes. Dieselbe kann durch Wahl langer Brennweiten in mässigen Grenzen verbessert werden. Die Korrektion ist so zu bewerkstelligen, dass der Scheitel oder Wendepunkt der sogenannten Farbenkurve möglichst nahe der wirksamsten Stelle

[1]) Vgl. meine Abhandlung „Beugungsbilder und deren Messung", *diese Zeitschr.* **16.** *S. 257. 1896.*

des Spektrums — etwa $\lambda = 0{,}55\,\mu$ für Beobachtung weisser Objekte von mittlerer Helligkeit mit dem Auge — zu liegen kommt.

2. *Sphärische Aberration*: Diese Abweichung kann wenigstens für Fernrohrobjektive ohne Schwierigkeit durch das ganze zu brauchbarer Wirkung kommende Intervall des Spektrums in den Grenzen völliger Unschädlichkeit entsprechend dem Betrage $\mathfrak{A} < 1$ gehalten werden; die Korrektion ist für die wirksamste Stelle des Spektrums möglichst genau zu bewerkstelligen; kann aus irgend welchen Gründen ein Rest sphärischer Aberration an dieser Stelle nicht vermieden werden, alsdann ist die Korrektion der chromatischen Aberration für die Strahlen aus der Einfallshöhe $h = 0{,}707\,\mathfrak{r}$ zu vollziehen, sodass der Scheitel oder Wendepunkt der Farbenkurve und der Mittelpunkt der sphärischen Abweichungslänge beide unter sich und zugleich mit der wirksamsten Stelle des Spektrums zusammenfallen.

3. *Koma*: Von den die Güte der Bildpunkte seitlich von der optischen Hauptachse beeinflussenden Abweichungen sind die Fehler gegen die Sinusbedingung von grösster Schädlichkeit. Die Sinuskorrektion ist für die wirksamste Stelle des Spektrums möglichst genau zu bewerkstelligen und bleibt dann wenigstens für Fernrohrobjektive durch das ganze zu brauchbarer Wirkung kommende Intervall des Spektrums in engen Fehlergrenzen.

Ist aber der Bildpunkt seitlich von der optischen Hauptachse mit Koma behaftet, alsdann ist der Ort der richtigen Einstellung nicht sowohl der Mittelpunkt des scheinbar elliptischen Beugungsscheibchens, sondern vielmehr der Punkt grösster Helligkeit (zugleich Mittelpunkt der einseitig leuchtenden Beugungsringe).

4. *Astigmatismus*: Diese Abweichung kann wenigstens für Fernrohrobjektive in mässigem Umkreis vom Brennpunkt durch Vergrösserung der Brennweite in den Grenzen völliger Unschädlichkeit entsprechend dem Betrage $\mathfrak{Q} < 1/_2$ gehalten werden; die Korrektion bei Systemen von komplizirterer Zusammensetzung ist für die wirksamste Stelle des Spektrums möglichst genau zu bewerkstelligen; bleibt aus irgend welchen Gründen ein Rest von Astigmatismus bestehen, alsdann ist die Korrektion der *Bildwölbung* dahin zu vollziehen, dass Ebenheit des Bildes womöglich für den Mittelpunkt der astigmatischen Abweichungslänge erreicht wird. Der Mittelpunkt der astigmatischen Abweichungslänge ist zugleich der Ort der richtigen Einstellung für astronomische Messungen mit entsprechender Reduzirung durch nachträgliche Rechnung.

5. *Chromatische Differenz der hinteren Knotenpunkte*: Diese Abweichung ist zwar für die möglichste Lichtkonzentration in den Bildpunkten seitlich von der optischen Hauptachse schädlich, aber für die Erfassung des Ortes der richtigen Einstellung insofern günstig, als bei Ausbreitung des Bildpunktes in ein Spektrum das der wirksamsten Stelle desselben entsprechende Beugungsscheibchen in der Mitte, also im Symmetriepunkt des ganzen Beugungsbildes liegt, während es beim Zusammenklappen des Spektrums durch entsprechende bei Systemen von komplizirterer Zusammensetzung mögliche Korrektion am Ende des zusammengefalteten Farbenbildes, also unsymmetrisch liegt. Die chromatische Differenz der hinteren Knotenpunkte ist wenigstens für Fernrohrobjektive unschädlich.

6. *Photographische Objektive*: Die Korrektion derselben im Sinne obiger Ausführungen gleichzeitig für das Auge sowohl als auch die photographische Platte ist unmöglich; der beliebte Weg chromatischer Korrektion für ein Linienpaar z. B. $\lambda = 0{,}55\,\mu$ und H_γ ist illusorisch; wo die höchste Schärfe verlangt wird, da empfiehlt es sich, das System für die bei dem bestimmten Zweck chemisch wirksamste Stelle zu korrigiren und zum Zweck der Einstellung mit dem Auge geeignete Gläser vorzusetzen, welche

eine entsprechende Verschiebung der Korrektion für die optisch wirksamste Stelle des Spektrums bewerkstelligen, unter Umkehrung des für den optisch-photographischen Lickrefraktor angewendeten Prinzips.

Eine Theorie der Berechnung zweitheiliger Fernrohrobjektive, worunter ich verstehe einen Satz von Formeln, in welche man nur die gewählten Brechungsexponenten, Oeffnung und Brennweite, einzusetzen braucht, um Radien und Dicken der Linsen zu erhalten, giebt es nicht, der allzu grossen Komplikation dieser Formeln wegen. Dies ist aber auch gar nicht nöthig; ebenso leicht macht der praktische Optiker seine trigonometrischen Berechnungen und hat es dabei im Allgemeinen noch in der Hand, auf Grund obiger Berechnungen die Grenze festzusetzen, innerhalb der er aus diesen oder jenen Gründen Fehler lassen will. Denn geringe Fehler sind absolut unvermeidlich, theils weil sie in der Natur der Sache liegen, so z. B. auch Zonenfehler bei der sphärischen Aberration, theils weil man eine allzu mühsame Rechnung bezw. öftere Wiederholung derselben scheut, grossentheils endlich, weil man bei komplizirten Systemen den einen Fehler nicht vermeiden kann, ohne einen andern zu begehen (Methode der gegenseitigen Ausgleichung der Fehler). Zudem scheint sich mir nach den interessanten Aeusserungen von Dr. H. Schroeder immer mehr herauszustellen, dass die praktische Bearbeitung eines Objektives *mindestens* ebensoviel Sorgfalt und Erfahrung erheischt als die theoretische Berechnung, und dass manche Erscheinungen einer mangelhaften Berechnung zugeschrieben werden, welche höchstwahrscheinlich Anzeichen einer mangelhaften Bearbeitung sind. Es muss eben Theorie und Praxis Hand in Hand gehen, und nach der theoretischen Seite wenigstens bin ich versucht zu glauben, dass kein Grund mehr hindert, Fernrohrobjektive mit jedem gewünschten Grad von Güte herzustellen.

Ich möchte, indem ich dieses Kapitel beschliesse, nur noch kurz auf die Grundlagen der von mir entwickelten Formeln zu sprechen kommen. Ich ging aus von der Wirkung einer kugelförmigen Welle, welche in Folge *geometrischer* kreisförmiger Grenzen nicht voll zur Geltung kommen kann, auf die Umgebung ihres Mittelpunkts. Die hierfür maassgebenden mathematischen Beziehungen sind genau dieselben wie in der durch v. Lommel theoretisch untersuchten und experimentell mit glänzender Bestätigung geprüften Beugungserscheinung einer kreisförmigen Oeffnung. Alles andere fasste ich auf als Modifikationen ersten Grades dieser Grundvorstellung. Insofern sind meine Entwicklungen durch die erwähnten Studien in erster Annäherung mitbestätigt, und insbesondere gegen gewisse Zweifel und Einwände (als z. B. die Richtigkeit der Schwingungsphase, die Wirkung des Neigungswinkels der gebeugten Elementarstrahlen u. s. w. betreffend) von vornherein gesichert. Ich hielt es nicht für überflüssig, diese Bemerkungen über die Grundlage meines ganzen Gebäudes hier am Schluss noch beizufügen.

III. Astronomische Beugung.

Es kann nicht zweifelhaft sein, dass Beugung des Lichts nicht nur im Fernrohr, sondern auch an den Himmelskörpern selbst stattfindet, es müsste denn sein, dass die Gesetze des Lichts mit der Weite der durchmessenen Räume sich ändern. Insbesondere wird man z. B. nicht daran zweifeln, dass in grosser Entfernung von einem Planeten oder Trabanten *in der Achse* des Schattenkegels (wohlgemerkt rede ich hier von einem geometrischen Gebilde ohne *seitliche Ausdehnung*) von Seiten der zentral verdeckten Mitte der Sonne nicht Dunkelheit, sondern volle Lichtstärke herrscht, als wäre der schattengebende Körper gar nicht vorhanden.

Eine andere Frage ist jedoch, ob diese Verhältnisse im Stande sind, die Schärfe der Beobachtung der auf dem Wechsel von Licht und Schatten beruhenden astronomischen Erscheinungen, der sogenannten Randphänomene, für unsere Sinne wenigstens und die bisher gebräuchlichen Beobachtungsmethoden merklich zu modifiziren. Daraufhin mussten die wichtigsten Erscheinungen untersucht werden und ich kann hier gleich vorwegnehmen, dass glücklicher Weise ein solcher Einfluss sich als im Allgemeinen nicht vorhanden herausgestellt hat. Zum genaueren Verständniss muss ich den Leser vorerst in aller Kürze mit den beiden wichtigen Abhandlungen bekannt machen, welche v. Lommel veröffentlicht hat[1]), nämlich einerseits den „Beugungserscheinungen einer kreisrunden Oeffnung und eines kreisrunden Schirmchens", andererseits den „Beugungserscheinungen geradlinig begrenzter Schirme".

Im Folgenden sollen durchgehends bedeuten

a = Abstand von dem leuchtenden Punkt zu dem beugenden Schirm,

b = Abstand von dem beugenden Schirm zu der beleuchteten Fläche,

ζ = Abstand von dem beleuchteten Punkt zu der optischen Achse im Falle der Beugung des Lichts an einem kreisförmigen Schirm,

r = Radius des kreisförmigen Schirms,

ξ = Abstand von dem beleuchteten Punkt zu der geometrischen Grenzebene zwischen Licht und Schatten im Falle der Beugung des Lichts an einem geradlinigen Schirm (und zwar positiv im Licht, negativ im Schatten),

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{a+b}{ab} \text{ bezw.} = \frac{2\pi}{\lambda b} \text{ für } a = \infty,$$

$$l = \frac{2\pi\zeta}{\lambda b} \text{ bezw.} = \frac{2\pi\xi}{\lambda b}.$$

Es liegt nahe, die durch Planeten oder Trabanten bewirkten Verfinsterungen mit den Beugungserscheinungen eines kreisrunden Schirmchens zu vergleichen.

Tabelle V.

Halbebene				Kreisscheibe				
x	(ξ)	—	+	z	$y = \pi$	2π	3π	4π
0	0	25	25	0	405	101	045	025
1	1	08 +	72 +	1	238	059	026	015
2	1,4	05 +	102 +	2	048	007	003	001
3	1,7 +	04 +	123 +	3	150	015	005	002
4	2	03 +	135	4	224	027	009	005
5	2,2 +	03	136 +	5	267	015	003	001
6	2,4 +	02 +	129 +	6	482	030	005	002
7	2,6 +	02	117 +	7	459	048	011	004
8	2,8 +	02	103	8	468	048	007	002
9	3	01 +	90	9	332	086	011	003
10	3,1 +	01 +	81	10	419	103	020	005

In diesem Falle setzt v. Lommel

$$y = kr^2 \text{ bezw. } z = lr.$$

Ich habe aus den am Schlusse den Abhandlungen beigegebenen Tabellen im Vorstehenden einen kurzen Auszug mitgetheilt; derselbe hat nur den Zweck, des Verständnisses halber eine ganz flüchtige Uebersicht zu gewähren, wie die Lichtstärke mit den Variabeln y und z sich ändert. Für wirkliche Berechnungen müsste man

[1]) *Abh. der K. bayer. Akademie der Wiss. II. Kl. XV. Bd. II. bezw. III. Abth.*

das ausführliche Tabellenwerk selbst zu Rathe ziehen. Ganz allgemein können wir mit v. Lommel sagen: „Die Erscheinungen sind weit einförmiger als bei der kleinen Oeffnung; in der Mitte befindet sich stets ein heller Punkt, umgeben von einem dunklen Hofe, dem Schatten, in welchem noch dunklere Ringe wahrgenommen werden, die nach aussen hin an Dunkelheit abnehmen, während die Helligkeit ihrer Zwischenräume zunimmt. Ausserhalb des Schattens sieht man auf sehr hellem Grunde schwache dunkle Ringe .... Je kleiner b oder je grösser y wird, desto mehr dunkle Ringe treten in den Schatten ein; die Abstände dieser Ringe erscheinen nahezu gleich und werden mit wachsendem y immer kleiner."

Modell des Venusdurchgangs.

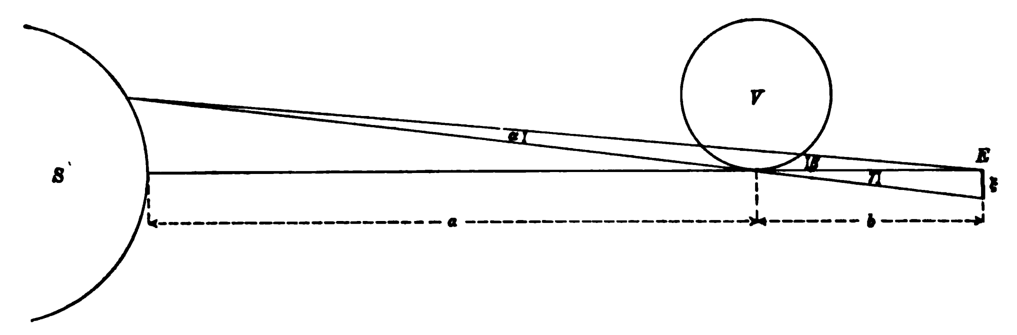
Statt 1 *km* in der Wirklichkeit werde $1\,\mu = 1/1000$ *mm* im Modell gewählt; die Wellenlänge sei durchgehends $\lambda = 0{,}55\,\mu$;

$$a = 107\,410\,000\,\mu = \text{Abstand Venus-Sonne},$$
$$b = 41\,090\,000\,\mu = \text{Abstand Erde-Venus},$$
$$\zeta\,(1'') = 2\,\pi\,b : 1\,296\,000.$$

Wir erhalten aus obigen Formeln

$$y = 9{,}61 \text{ bezw. } z\,(1'') = 0{,}28.$$

Für die Schattengrenze hat man einfach $y = z$ zu setzen. Die Erscheinung ist also von diesem Standpunkt aus diskutirbar, und ich erlaube mir, ohne hier auf weiteres mich einzulassen, auf nachstehende Figur sowie *S. 102* meiner „Theorie des Fernrohrs" zu verweisen.



Erläuterung: Wenn wir ermitteln wollen, welche Lichtstärke in einem dem scheinbaren geometrischen Planetenrand benachbarten Bildpunkt durch das in der entsprechenden Blickrichtung aus dem Augenort E liegende Element der Sonnenoberfläche hervorgerufen wird — und in dieser Weise Punkt für Punkt die Helligkeit der Sonnenoberfläche suchen und die Lichtstärke des Planetenbildes finden —, dann müssen wir beachten, dass die längs dieser Blickrichtung vermittelte Lichtmenge beugungstheoretisch von dem die Strecke ξ bestimmenden Winkel α abhängt, während die geometrisch-optischen Verhältnisse in dem Winkel β ihren Ausdruck finden. Da sämmtliche Winkel klein sind, so kann man setzen $\gamma = \frac{\xi}{b}$ bezw. $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{b}{a}$ und erhält aus der Beziehung $\gamma = \alpha + \beta$ unschwer $\beta = \frac{a}{a+b} \cdot \gamma$, also z. B. in obiger Berechnung $\beta = \frac{a}{a+b} \cdot 0{,}001''$; insofern wir die Punkte ausserhalb und innerhalb des scheinbaren geometrischen Planetenrandes ins Auge fassen, haben wir diesen Werth noch zu verdoppeln.

Ungünstigerweise ergeben sich nun aber, wenn man die Konstanten der *wirklichen* astronomischen Vorgänge in obige Formeln einsetzt, für y sowie z so enorme

Werthe, dass mit den berechneten Tafeln nichts auszurichten ist und nichts anderes übrig bliebe, als die Formeln für sozusagen unendlich grosse Werthe y und z zu diskutiren. Es schien mir näherliegend zu sein, die Diskussion der astronomischen Erscheinungen mit einer kühnen Vertauschung von der Vorstellung ausgehend zu behandeln, dass man es mit der Schirmwirkung einer Halbebene von unendlicher Ausdehnung zu thun habe, und dieses Vorgehen findet meiner Ansicht nach in der *Art* der Ergebnisse seine Berechtigung.

In diesem Fall setzen wir mit v. Lommel

$$x = \frac{l^2}{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{a\,\xi^2}{b \cdot (a+b)}$$

und charakterisiren die Erscheinung mit seinen Worten folgendermaassen: „Im Schattengebiet giebt es keine Maxima und Minima der Lichtstärke, sondern dieselbe nimmt von dem Werthe 1/4 bei $\xi = 0$ fortwährend ab, um sich allmählich in völliger Dunkelheit zu verlieren.... Die Intensität am Rande des geometrischen Schattens beträgt ein Viertel der vollen Lichtstärke.... Die Intensitätskurve erhebt sich demnach von der Höhe 1/4 bei $x = 0$ zuerst über die in der Höhe 1 gezogene Gerade und nähert sich ihr unaufhörlich, indem ihre Biegungen abwechselnd über und unter derselben verlaufen."

Auch hier soll der mitgetheilte Auszug aus den Tabellen nur eine allgemeine Uebersicht gerade für die interessanteste Stelle, die geometrische Schattengrenze, unter Mitnahme eben noch des 1. Maximums und Minimums gewähren.

Venusdurchgang.

$a = 107\,410\,000$ *km* = Abstand Venus-Sonne,

$b = 41\,090\,000$ *km* = Abstand Erde-Venus,

$a + b = 148\,500\,000$ *km* = Abstand Erde-Sonne,

$\xi\,(1'') = 2\,\pi\,b : 1\,296\,000$ (ergiebt zu grosse Werthe).

Wir erhalten aus obigen Formeln

$$x\,(0{,}001'') = 7{,}98.$$

Dieses Resultat können wir mit Hülfe von Tabelle V folgendermaassen deuten: *Innerhalb eines Winkels von* $\frac{2a}{a+b}$ *Tausendteln Bogensekunde am scheinbaren geometrischen Venusrand wächst die Lichtstärke von 2 zu 103 Hunderteln des vollen Werthes, d. h. der Rand der Venus erscheint für unsere Instrumente so gut wie geometrisch scharf begrenzt.* Es ist dieses Resultat von grosser Wichtigkeit für die Messungen des Durchmessers der Venus mittels des Heliometers. Zugleich erkennen wir, was das Studium der Erscheinung des schwarzen Tropfens an *Modellen* betrifft: *Die an Modellen und die an wirklichen astronomischen Vorgängen beobachteten Erscheinungen lassen sich nicht ohne weiteres mit einander vergleichen, indem die physikalisch-optischen Verhältnisse beider im Gegensatz zu den geometrisch-optischen unter Umständen wesentlich verschieden sind.*

Merkurdurchgang.

$a = 57\,484\,000$ *km* = Abstand Merkur-Sonne,

$b = 91\,016\,000$ *km* = Abstand Erde-Merkur,

$x\,(0{,}001'') = 9{,}46.$

Durchgang von Trabant I durch die Jupiterscheibe.

$a = 415\,000$ *km* = Abstand Trabant I-Jupiter,

$b = 772\,185\,000$ *km* = Abstand Erde-Trabant I,

$x\,(0{,}01'') = 11{,}14.$

Verfinsterung von Trabant IV durch Jupiter.

$a = 772\,600\,000$ *km* = Abstand Jupiter-Sonne,

$b = \quad 1\,850\,000$ *km* = Abstand Trabant IV-Jupiter,

$\xi = \quad 12{,}74$ *m* für $x = 1$.

Wir können dieses Resultat mit Hülfe von Tabelle V folgendermaassen deuten: *Innerhalb* 25,5 *m auf der Oberfläche von Trabant IV wächst die Lichtstärke von* 8 *zu* 73 *Hunderteln des vollen Werthes, d. h. der Schatten des Jupiter ist so gut wie geometrisch scharf begrenzt mit Rücksicht auf die Grösse von Trabant IV.* Man darf hier nicht etwa in den Fehler verfallen zu glauben, dass der Trabant in dem Moment, wo ihn der Schatten Jupiters halbirt, nur $^1/_4$ der vollen Helligkeit zeige; längs der geometrischen Grenzlinie allerdings, aber mit Rücksicht auf die Grösse des Trabanten einerseits und die scheinbare Grösse der Sonne andererseits hat man zweifach über sämmtliche Lichtstärken von $x = -\infty$ bis $x = +\infty$ zu integriren. Als Resultat ergiebt sich, wie man leicht einsieht, den geometrisch-optischen Verhältnissen entsprechend nicht sowohl $^1/_4$ als vielmehr $^1/_2$ der vollen Lichtstärke. Somit behaupten die Untersuchungen von Dr. Anding, „Photometrische Untersuchungen über die Verfinsterungen der Jupitertrabanten“ (München, Selbstverlag) auf Grund der geometrisch-optischen Verhältnisse ihre volle Gültigkeit.

Bedeckung von Fixsternen durch den Mond.

$a = \infty$; $b = 381\,000$ km = Abstand Erde-Mond

Bewegung des Mondes gegen die Sterne = $0'',55$ in 1 Sek.

$\xi = 2\,\pi\,b \,.\, 0{,}55 : 1\,296\,000$ in 1 Sek.

$x\,(0{,}01'') = 3{,}09$.

Wir können dieses Resultat mit Hülfe von Tabelle V folgendermaassen deuten: *Innerhalb* 2 *Hundertel Zeitsekunde wächst die Lichtstärke von* 4 *zu* 124 *Hunderteln des vollen Werthes, d. h. das Verschwinden bezw. Erscheinen am dunklen Mondrand erfolgt bei zentraler Bedeckung so gut wie plötzlich.* Geht der Stern jedoch fast tangential am Mondrand vorbei, dann ist es nicht unmöglich, die eigenthümlichen Lichtschwankungen zu studiren, indem alsdann die maassgebende Zeit bis 100-fach vergrössert wird. Im Moment der geometrischen Bedeckung zeigt der Stern $^1/_4$ der vollen Lichtstärke; die stärkste Lichtschwankung (0,25 bis 0,73) und somit der Moment des scheinbaren Verschwindens erfolgt kurz vor dem Eintritt in den geometrischen Schatten. Es wird sich also empfehlen, Sterne, welche am Mondrand fast vorbeigehen, bei Längenbeobachtungen auszuschliessen.

Wir können demnach als Gesammtergebniss aussprechen:

Vom Standpunkt der Beugungstheorie aus ist es wahrscheinlich, dass die wichtigsten astronomischen Erscheinungen für unsere Sinne und gebräuchlichen Instrumente mit einer Schärfe auftreten, als ob sie nach geometrisch-optischen Gesetzen erfolgen würden.

Hiermit bin ich dahin gelangt, dass ich das Problem, *die Theorie des Fernrohrs auf Grund der Beugung des Lichts in grossen Zügen aufzustellen* als gelöst erachten kann, und indem ich mir vorbehalte, diesen oder jenen Punkt später noch eingehender zu behandeln, sehe ich mich in der Lage, meinen Studien auf diesem Gebiet einen vorläufigen Abschluss geben zu können.

Referate.

Die Chamberlin-Sternwarte in Denver.

Engineering **63.** *S. 702. 1897.*

Die mit der Universität zu Denver, Co., verbundene, am Fuss der Rocky Mountains 1800 *m* über dem Meeresspiegel gelegene Chamberlin-Sternwarte verdankt ihr Bestehen der Freigebigkeit des kürzlich verstorbenen Hrn. Chamberlin. Als Hauptinstrument besitzt sie einen von G. N. Saegmüller in Washington, früher Fauth & Co., gebauten Refraktor von 54 *cm* Oeffnung. Die Polarachse des auf deutsche Art montirten Aequatoreales liegt mit einem am oberen Ende sie umgebenden konischen Kranz auf mehreren vertikal nebeneinander stehenden Rollen, deren gemeinsame Achse von einer durch eine Schraube höher oder tiefer zu stellenden Gabel getragen wird. Gegenüber der sonst meist üblichen Art der Entlastung durch eine einzige vertikale Rolle ist hier der Vortheil vorhanden, dass der konische Kranz in seiner ganzen Breite auf den Rollen, die sich bei Drehung des Instrumentes im Stundenwinkel mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen werden, aufliegen kann. Am unteren Ende der Polarachse ist je eine Friktionsrolle über und unter der Achse senkrecht zu ihr angebracht, damit einem je nach der Lage des Fernrohres nach oben oder unten ausgeübten Druck entgegengewirkt wird.

Das Uhrwerk befindet sich direkt unter der Polarachse innerhalb des auf der Säule sitzenden Kopfstücks. Der Regulator ist der in den Vereinigten Staaten bei Refraktoren häufig angewandte Young'sche Regulator. An einer vertikalen Achse, die ihre Führung oben in einer festen Scheibe hat, sind zwei kreuzweise übereinander liegende Stäbe befestigt, an deren unteren Enden die Regulatorkugeln angeschraubt sind. An seinem oberen Ende ist jeder der Stäbe durch ein Gelenk mit einem kurzen Arm verbunden, der sich gegen die Peripherie der festen Scheibe lehnt, und zwar um so mehr, je höher die Kugeln durch die Zentrifugalkraft gehoben sind.

Eine Einrichtung, die Saegmüller seit einigen Jahren bei allen grösseren Fernrohren anzubringen pflegt und mit der auch der Refraktor zu Denver versehen ist, sind die Sucherkreise, mittels deren es möglich ist, von einem Standpunkt an der Säule aus das Rohr in bequemster Weise in Rektaszension und Deklination einzustellen, wobei für die Einstellung in Rektaszension der Stundenwinkel nicht erst berechnet zu werden braucht. In *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 439. 1895* ist diese Einrichtung ausführlich beschrieben.

Eine grössere Anzahl von Figuren, welche dem Artikel beigefügt ist, giebt dem Fachmann hinreichenden Ersatz für die sehr kurz gehaltene Beschreibung des Instruments.

Die Kuppel misst 10 *m* im Durchmesser und ist von William Scherzer in Chicago konstruirt. Die Spaltöffnung ist 1,5 *m* breit und reicht 0,75 *m* über das Zenith hinaus. Die Verschlussplatte bewegt sich horizontal auf einer Schiene, deren Krümmungsmittelpunkt an der entgegengesetzten Stelle der Kuppel liegt. *Kn.*

Ein Apparat zur Vergleichung von Thermometern.

Von W. Watson. *Phil. Mag.* (*5*) **44.** *S. 116. 1897.*

Eine am oberen Ende geschlossene 2,5 *cm* weite Glasröhre, welche die zu vergleichenden Thermometer aufnimmt, ist in einer zweiten, 4,7 *cm* weiten vertikal aufgehängt und der Zwischenraum zwischen beiden am unteren Ende durch einen Kork abgeschlossen. Die äussere Röhre setzt sich nach oben in einen Liebig'schen Kühler fort und steht durch Vermittlung desselben mit einem grösseren Luftreservoir und einem Manometer in Verbindung. Ueber dem Kork zwischen den beiden Glasröhren befindet sich in geringer Höhe eine Flüssigkeit, welche mittels einer durch den elektrischen Strom erwärmten Drahtspirale zum Sieden erhitzt wird. Der Dampf dieser Flüssigkeit umspült dann die innere Glasröhre und erwärmt sie und die darin befindlichen Thermometer auf seine eigene Temperatur, welche durch Verdichtung oder Verdünnung der Luft im Reservoir innerhalb der durch die Art der

Flüssigkeit selbst gesteckten Grenzen beliebig eingestellt werden kann. Der Verfasser hat mit einem solchen Apparate für drei bis vier Stunden eine Konstanz von 0°,1 erhalten. Als Flüssigkeiten benutzte er Schwefelkohlenstoff (20° bis 46°), Methylalkohol (46° bis 79°) und Chlorbenzin (79° bis 120°). Wasser erwies sich als ungeeignet, weil es am inneren Glasrohre Tropfen bildete und dieses somit undurchsichtig machte. *Schl.*

Anwendung der Photographie auf die Messung von Brechungsquotienten.

Von A. und L. Lumière. *Compt. rend.* ***124.*** *S. 1438. 1897.*

Bekanntlich sind bei der photographischen Aufnahme sehr heller Objekte die auf der Platte auftretenden ringförmigen Höfe äusserst störend. Dieselben rühren davon her, dass die kleinen, stark beleuchteten Theilchen der lichtempfindlichen Schicht selbst als Lichtquellen wirken und nach allen Seiten hin Licht ausstrahlen. Von denjenigen Strahlen, welche auf die Rückwand der Platte nahezu senkrecht auffallen, wird nur ein verschwindend kleiner Bruchtheil reflektirt; dagegen tritt von einem bestimmten Einfallswinkel ab totale Reflexion ein, es entsteht somit um den beleuchteten Punkt der Platte ein scharf begrenzter, ringförmiger Hof, dessen Durchmesser von der Dicke der Platte und dem Brechungsquotient des Glases gegen Luft abhängt. Kennt man somit diesen Ringdurchmesser und die Plattendicke, so lässt sich umgekehrt auch der Brechungsquotient des Glases daraus leicht ableiten. Natürlich muss zum Gelingen des Versuchs die photographische Schicht für die in Frage kommende Lichtart empfindlich und die Platte gut planparallel geschliffen sein. Nach Angabe der Verf. erhält man noch leicht eine Einheit der dritten Dezimale, wenn die etwa 5 *mm* betragende Glasdicke bis auf 1 μ genau bekannt ist und die Fehler bei der Messung des Ringdurchmessers 20 μ nicht übersteigen. Eine solche Genauigkeit soll sich aber leicht erzielen lassen, wenn man als leuchtenden Punkt ein in dünnes Blech gebohrtes Loch von 0,1 *mm* Durchmesser verwendet, das stark beleuchtet wird. Um auf demselben Wege auch den Brechungsquotient einer Flüssigkeit zu bestimmen, benetzt man damit die Rückfläche der photographischen Platte, deren Brechungsquotient gegen Luft man vorher auf die oben erwähnte Weise gefunden hat. Nunmehr hängt der Durchmesser des Hofes von dem Brechungsverhältniss zwischen Glasplatte und Flüssigkeit ab. Man erhält, wie sich leicht ergiebt, für den Brechungsquotient der Flüssigkeit gegen Luft den Werth

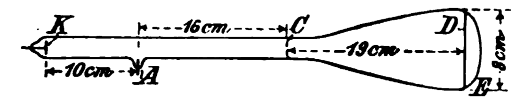
$$x = \frac{R\,n}{\sqrt{4e^2 + R^2}},$$

wenn n den Brechungsquotient des Glases gegen Luft, e die Glasdicke und R den Radius des Hofes bezeichnet. *Glch.*

Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufs variabler Ströme.

Von Ferdinand Braun. *Wied. Ann.* ***60.*** *S. 552. 1897.*

Bekanntlich werden Kathodenstrahlen durch magnetische Kräfte aus ihrer Richtung abgelenkt. In der Figur bedeutet K eine Kathode aus Aluminiumblech, A die Anode, C ein Aluminiumdiaphragma, D einen phosphoreszirenden Schirm; die Kathodenstrahlen werden



auf diesem Schirm einen hellen Fleck erzeugen. Braun bringt nun an die Röhre in die Nähe des Diaphragmas eine Magnetisirungsspule, deren Achse zur Rohrachse senkrecht steht. Alsdann wird durch einen Wechselstrom, der die Spule durchfliesst, der Lichtfleck Schwingungen vollführen, die man durch einen rotirenden Spiegel in bekannter Weise analysiren kann. Auf diese Weise wurden die Stromkurven der Strassburger Zentrale, eines Induktionsapparates, wenn der Sekundärkreis offen, kurz geschlossen und durch einen Kondensator geschlossen war, sichtbar gemacht.

Bringt man an die Röhre zwei Indikatorspulen heran, deren Achsen aufeinander senkrecht stehen, so kann man auf dem fluoreszirenden Schirm Lissajous'sche Figuren erzeugen. Braun bringt auf diese Weise die Phasenverschiebung infolge von Induktion und Kondensatorwirkung zur Anschauung.

Der grosse Vortheil der Methode von Braun liegt darin, dass sie frei ist von Eigenschwingungen des anzeigenden Apparates. Ein Vergleich mit älteren Methoden zeigt dies deutlicher. Frölich[1]) benutzte die Schwingungen von Telephonmembranen, Puluj[2]) kreuzte zwei kleine Induktionsapparate, an deren Federn Spiegel befestigt waren; Stuart Smith[3]) und neuerdings Derr[4]) machten durch Spiegel die Schwingungen einer Saite sichtbar, die zwischen den Polen eines Elektromagneten ausgespannt ist und von Wechselströmen durchflossen wird. Bei allen diesen Methoden haben die schwingenden Systeme einen Eigenton; im Allgemeinen muss direkt dieser Eigenton auf die Stromschwingungszahl abgestimmt werden. Die von Smith (Derr) angegebene Methode hat noch den Vortheil, dass keine Spule nothwendig ist, durch die eine weitere Phasenverschiebung hervorgerufen wird. *E. O.*

Bemerkungen zu dem Referat „Das Streckenmessen in polygonalen Zügen".

Diese Zeitschr. ***17.*** *S. 62. 1897.*

Meinen unter obigem Titel veröffentlichten Aufsatz hat Prof. Dr. Hammer *a. a. O.* einer Besprechung unterzogen mit dem Inhalt, dass der verfeinerten optischen Entfernungsmessung — somit der auf solcher beruhenden Präzisionstachymetrie überhaupt — nicht nur in der Gegenwart, sondern auch noch für die nächsten Jahrzehnte eine im Vergleich zur direkten Entfernungsmessung und zur gemeinüblichen Tachymetrie nur untergeordnete Bedeutung zuerkannt werden könne.

Ich darf das vorliegende, von so ansehnlicher Seite gefällte und unterschriebene Urtheil nicht hinnehmen, ohne dem geschätzten Leserkreise dieser Zeitschrift diesbezüglich einige Erfahrungsdaten aus meiner Praxis zur Kenntniss zu bringen.

Die Tachymetrie überhaupt, d. h. Polarmethode mit *optischer* Entfernungsmessung, hat unstreitig vor allen anderen und namentlich den auf direkter Streckenmessung beruhenden Aufnahmemethoden so viele und so wichtige Vorzüge, dass sie nicht ausschliesslich nur zu rohen Terrainkotirungen, sondern auch ausserdem zur Bearbeitung der verschiedensten Aufgaben der praktischen Geometrie angewandt zu werden verdient, soweit sie dem jeweilig nothwendigen Genauigkeitsgrade zu genügen vermag. Die wesentlichsten Vorzüge der optischen Entfernungsmessung im Vergleich zur direkten sind,

1. dass ihr Terrainschwierigkeiten nur sehr wenig anhaben können, folglich grössere Operationsfreiheit;
2. dass sie mit grösstmöglicher Schonung der (beispielsweise gesagt) frisch humusirten Eisenbahndamm-Böschungen und aller landwirthschaftlichen Kulturen ausgeübt werden kann, folglich das Vermessungs-Personal nicht so leicht in Gefahr kommt, zu Entschädigungsleistungen aus letzterem Titel verhalten zu werden;
3. dass sie mit sehr erheblich weniger Zeit- und Kostenaufwand verbunden, folglich auch wirthschaftlich vortheilhafter ist.

Es giebt gar keinen Gegensatz zwischen Präzisions- und gemeinüblicher Tachymetrie; denn erstere ist aus der letzteren systematisch hervorgegangen und stellt sich nur als eine höhere Entwicklungsstufe einer und derselben Grundmethode dar. Die Präzisionstachymetrie fängt bei der mit Kreuzlibellen und Stützen versehenen Latte an und endet vorläufig bei einer unter mässig günstigen Umständen noch erreichbaren Genauigkeit von 1:5000 der

---

1) *Elektrotechn. Zeitschr.* ***8.*** *S. 210. 1887;* ***10.*** *S. 65. 1889.*
2) *Elekrotechn. Zeitschr.* ***14.*** *S. 686. 1893.*
3) *Electrical World* ***23.*** *S. 172. 1894.*
4) *Western Electrician* ***20.*** *S. 33. 1897.*

optisch gemessenen Entfernung und von ± 20 *mm* pro Kilometer der tachymetrisch nivellirten Strecke. So weit ist bis heute wenigstens die „logarithmische" Methode der Präzisions-Tachymetrie im grossen Stil praktisch erprobt. Ich selbst habe in den Jahren 1892 bis 1895 meine sehr umfangreichen, zumeist in intensiv belebtem Grossstadtgebiet gelegenen Aufnahmsarbeiten zum Zwecke des Baues der Wiener Stadtbahn ausschliesslich mit Präzisions-Tachymetrie nach der logarithmischen Methode fertiggebracht und kann im Nachstehenden mit einigen täuschungsfreien Daten über die dabei thatsächlich erreichte Genauigkeit dienen.

Sehr sicher und einfach lässt sich auf den Genauigkeitsgrad der optischen Streckenmessung aus den resultirenden Widersprüchen in den Summen der Koordinatendifferenzen schliessen; daher folgen hier in tabellarischer Uebersicht einige solche Summen, genau so, wie sie sich in geschlossenen Polygonen thatsächlich ergeben haben.

Post Nr.	Seitenzahl	Summe der Polygonwinkel	Polygonumfang in Meter	Summe der Koordinaten-Differenzen in Meter				Fehler gleich dem halben Widerspruche in Meter	
				$+\Delta x$	$-\Delta x$	$+\Delta y$	$-\Delta y$	Δx	Δy
1	9	1259°,970	1086,73	261,46	261,38	437,28	437,26	± 0,04	± 0,01
2	8	1080°,025	1359,04	317,24	317,23	549,07	549,06	$\pm 0{,}00_5$	$\pm 0{,}00_5$
3	7	899°,980	1080,88	514,24	514,36	146,95	146,93	± 0,06	± 0,01
4	5	539°,985	716,93	308,84	308,82	148,46	148,41	± 0,01	$\pm 0{,}02_5$
5	28	4680°,034	3819,00	847,87	847,37	1581,09	1581,47	± 0,25	± 0,19

Diese Zahlen sprechen für sich ohne Weiteres. Ein noch ungenauerer Polygonabschluss, im relativen Sinne, als der unter Post 5 ersichtlich gemachte, ist überhaupt nicht vorgekommen.

Was das tachymetrische Nivellement nach der logarithmischen Methode an Genauigkeit thatsächlich leistet, ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen. Dieselbe führt ein geschlossenes Polygon vor, und zwar das nämliche, welches unter Post 2 der vorhergehenden Uebersicht steht. Es wurde nach den tachymetrischen Daten stets die Höhe des nächsten Punktes aus jener des vorhergehenden berechnet, wonach eine fortschreitende Fehlerfortpflanzung um den ganzen Polygonumfang herum stattfinden musste.

Punkt Nr.	Höhenkote in Meter		Unterschied in Meter	Punkt Nr.	Höhenkote in Meter		Unterschied in Meter
	tachymetrisch nivellirt	geometrisch nivellirt			tachymetrisch nivellirt	geometrisch nivellirt	
1	196,966	196,965	+ 0,001	5	190,263	190,271	— 0,008
2	196,736	196,740	— 0,004	6	190,880	190,876	+ 0,004
3	195,150	195,155	— 0,005	7	187,845	187,857	— 0,012
4	192,360	192,366	— 0,006	8	195,557	195,570	— 0,013

Die in den obigen beiden Tabellen verzeichneten Resultate wurden sämmtlich mit dem im Jahre 1885 von Starke & Kammerer in Wien gelieferten logarithmischen Tachymeter Nr. 50 erzielt, dessen Fernrohr-Elemente die folgenden sind: Objektivöffnung 54 *mm*, äquivalente Brennweite 240 *mm*, Fadenstärke $1^1/_2$ μ, 32-malige Vergrösserung. Es muss noch bemerkt werden, dass bei diesen Vermessungsarbeiten für den Bau der Wiener Stadtbahn auch die gesammte Terrainkotirung nach der *logarithmischen* Methode ausgeführt worden ist, und zwar deshalb, weil dieselbe erfahrungsgemäss auch zur raschen Bewältigung solcher Massenarbeit sowohl im Felde als im Bureau besser geeignet ist, als jede andere.

Und wenn dennoch Hammer in seinem Referate wörtlich sagt: „Dass sich ferner die Ingenieurpraxis mit logarithmischen Lattentheilungen, allgemein gesprochen, bald befreunden werde, glaube ich nicht; die Erfahrungen von schon jetzt mehreren Jahrzehnten sprechen

dagegen" — so hat derselbe vollkommen Recht, jedoch mit der Einschränkung, dass an dem Indifferentismus gegenüber der logarithmischen Methode ganz gewiss nicht konkrete Erfahrungen Schuld sein können, sondern nur der Umstand, dass man eben verabsäumt hat, sich hinsichtlich dieser Methode Erfahrungen anzueignen und dies wahrscheinlich auch noch künftig verabsäumen wird.

Bezüglich der von mir bevorzugten sehr kleinen Fadenstärken habe ich, seit den 70er Jahren fast ausschliesslich nur mit $1^1/_2\ \mu$ starken Fäden praktisch arbeitend, folgende Erfahrungen gemacht.

Beim Gebrauch von Fernrohren, deren Vergrösserung im Verhältniss zur Objektivöffnung übertrieben ist, kann man, insofern nicht eine ausserordentlich grosse Lichtmenge beim Objektiv hereintritt, Fäden von geringer scheinbarer Stärke allerdings nicht unterscheiden. Unter Okularen von 10 bis 7 *mm* äquiv. Brennweite, bei 25- bis 32-facher Vergrösserung und 34 bis 54 *mm* Objektivöffnung habe ich bei Tag, und selbst in Wäldern, nichts von einer Ermüdung des Auges, sondern stets nur die Sehnsucht nach noch feineren Fäden empfunden. Erst in vorgerückter Abenddämmerung wurden die $1^1/_2\ \mu$ starken Fäden im Walde unsichtbar und im Felde nicht sofort auffindbar, sobald jedoch aufgefunden, waren sie zum Pointiren noch leidlich, zum Zehntelschätzen im Zentimeter-Intervall aber bis 110 *m* Entfernung sehr gut brauchbar. Versuchsweise habe ich mit $1^1/_2\ \mu$ starken Fäden auch unter Okularen von 20 und von 27 *mm* äquiv. Brennweite gearbeitet und war meinem Auge die scheinbare Fadenstärke unter dem Okular von 20 *mm* gerade recht, unter jenem von 27 *mm* zwar auch noch deutlich sichtbar, jedoch in der Feinheit schon merklich übertrieben. (Mein persönlicher optischer Einstellungsfehler schwankt je nach Beleuchtungsgüte zwischen $9''/v$ bis $15''/v$.) Dabei fand ich, dass es zweckmässig sei, die Kreuzungsstellen der horizontalen Fäden mit dem vertikalen durch auffällige besondere Marken dem Auge bequem auffindbar zu machen.

Während meiner langjährigen Praxis hat vor meinen Fernrohren so mancher Vermessungs-Fachmann gestanden. Ich habe dabei deren drei Kategorien kennen gelernt, und zwar

1. solche, welche vor den sehr feinen Fäden sich entsetzten, aber selbst bei ihnen zusagender Fadenstärke war es mit deren persönlichen optischen Einstellungsfehlern um $40''/v$ bis $60''/v$ herum bestellt;
2. solche, welche die ihnen begreiflich gemachten Vorzüge der kleinen Fadenstärke eingesehen, sich binnen einer Stunde daran gewöhnt und recht befriedigende Beobachtungsresultate geliefert haben; endlich
3. solche, welche sofort auf den ersten Blick in das nach der Zentimeter-Skale gerichtete Fernrohr von dem gewonnenen Eindruck sehr befriedigt waren.

Ich weiss demnach schon seit lange her, dass sich die Fadenstärke zwar in der Theorie ganz entschieden, in der Praxis aber niemals rationell uniformiren lässt. Auf jeden Fall bedeutet die wirkliche Existenz der Kategorien 2. und 3. soviel, dass den schwachen Fäden selbst in praktischer Hinsicht ihre bedingungsweise Opportunität nicht abgesprochen werden darf.

Das Meritorische meines unter dem Titel „Das Streckenmessen in polygonalen Zügen" veröffentlichten Aufsatzes selbst betreffend, ist es meine klare Ueberzeugung, dass die Hammer'sche Besprechung ihm nicht gerecht wird; zumal ich am Schlusse jenes Aufsatzes ausdrücklich betont habe, dass es niemals meine direkte Intention war, die landläufigen Methoden der rohen Terrainkotirungs-Tachymetrie zu verbessern und so müssigerweise ein sich als Feind des Guten kennzeichnendes Bestes zu schaffen, sondern der Tachymetrie auch solche Gebiete der praktischen Geometrie zu erschliessen, auf welchen sie bisher wegen der konventionellen Mängel des landläufigen Instrumenten-Inventars nicht in Anwendung kommen durfte. *Anton Tichý, Ober-Ingenieur der k. k. österr. Staatsbahnen in Wien.*

Mit Doppeltheilung versehene Distanzmess-Latte.

Von E. Boccardo. *Rivista di Topogr. e Catasto* **9.** *S. 136. 1896/97.*

Der Verf. untersucht den Fehler, der dadurch entsteht, dass bei einer in der Mitte gebrochenen Klapplatte nach dem Aufklappen die zwei Stücke der Latte nicht eine Gerade bilden, sondern einen um einen gewissen Betrag von 180° sich entfernenden (konstant angenommenen) Winkel einschliessen. Auch ohne weitläufige Rechnung ist einzusehen, dass man, so lange der genannte Winkelbetrag nicht gross ist und der Theilungsnullpunkt im Scharnier liegt, den Fehler dadurch eliminiren kann, dass man auf jeder Seite der Latte eine Theilung anbringt und die Ablesung auf der gewendeten Latte wiederholt.

Hammer.

Neu erschienene Bücher.

A. Kerber, Beiträge zur Dioptrik, III. Heft. 8°. 16 S. Leipzig, G. Fock 1897.

Verf. giebt in diesem Heft eine Modifikation der in Heft I abgeleiteten Formeln für die sphärischen Abweichungen eines Linsensystems. Mit Rücksicht auf grössere Bequemlichkeit der praktischen Berechnung zerlegt er die früher gefundenen Ausdrücke in zwei Glieder, von denen das erste einen Näherungswerth für die Grösse der Aberration darstellt, das zweite die Korrektion ist, die dem so erhaltenen Werth noch hinzuzufügen ist. Nach den rechnerischen Erfahrungen des Verf. ist die Grösse der Korrektion für Objektive desselben Typus konstant und differirt selbst bei erheblicher Verschiedenheit der benutzten Gläser nur um kleine Beträge. Für das nächste Heft wird die numerische Berechnung der Korrektionsglieder für das Fraunhofer'sche Doppelobjektiv in Aussicht gestellt.

Am Schluss giebt Verf. noch einen Nachtrag zu Heft II (*diese Zeitschr.* **16.** *S. 320. 1896*), der sich mit den Formeln für die Bildkrümmung beschäftigt. *A. K.*

G. Ferraris u. R. Arnò, Ein neues System zur elektrischen Vertheilung der Energie mittels Wechselströmen. Uebersetzt von C. Heim. 2. Aufl. gr. 8°. 31 S. m. 14 Abbildgn. Weimar, C. Steinert. 1,35 M.

R. Rühlmann, Grundzüge der Wechselstrom-Technik. Eine gemeinfassl. Darstellg. der Grundlagen der Elektrotechnik der Wechsel- und Mehrphasenströme. Mit 261 Abbildgn. u. 1 Taf. Zugleich Ergänzungsbd. zu: Grundzüge der Elektrotechnik der Starkströme. gr. 8°. VIII, 359 S. Leipzig, O. Leiner. 11,50 M; geb. in Leinw. 13,00 M.

J. J. Thomson, Elemente der mathematischen Theorie der Elektrizität u. des Magnetismus. Deutsche Ausg. v. Prof. G. Wertheim. gr. 8°. XIII, 414 S. m. 133 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 8,00 M.

H. E. Roscoe u. C. Schorlemmer, Ausführliches Lehrbuch der Chemie. Anorganischer Thl. in 2 Bdn. 3. Aufl. 2. Bd. Mit 228 eingedr. Holzst. 2. Abth. gr. 8°. X u. S. 433 bis 962 m. 1 farb. Spektraltaf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 14,00 M. — 2. Bd. kplt. 26,00; beide Bände kplt. 52,00 M.

F. Hartner, Handbuch der niederen Geodäsie. 8. Aufl., bearb. von J. Wastler. Heft 1. gr. 8°. 288 S. m. 211 Holzschn. Wien 1897. 16,00 M.

K. Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie. In 5. Aufl. hrsg. v. Prof. E. Hartig. 6. Aufl., hrsg. v. Prof. Herm. Fischer. 14. Lfg., bearb. v. Prof. H. Fischer u. Prof. E. Müller. gr. 8°. 3. Bd. IV u. S. 1151 bis 1296 m. Abbildgn. Berlin, W. & S. Loewenthal. 5,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang. **November 1897.** Elftes Heft.

Ueber neuere spektrophotographische Apparate.

Von

C. Leiss.

(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin.)

A. Quarzspektrographen nach V. Schumann[1]).

Die nachstehend beschriebenen Apparate dienen in erster Linie zur photographischen Aufnahme des ultravioletten Spektralgebietes und können auch ausserdem zur direkten oder okularen Beobachtung und zur Messung der Spektren Anwendung finden.

Neben dem farblosen Flussspath kann nur der Quarz als das geeignetste Material für eine grössere Lichtdurchlässigkeit im Ultraviolett in Frage kommen. Die Entdeckung dieser Eigenschaft des Quarzes verdanken wir dem englischen Physiker Stokes, welcher fand, dass ein Prisma aus Quarz ein beträchtlich längeres Spektrum lieferte, als ein solches aus Glas. Während das durchlässigste Glas höchstens Strahlen von der Wellenlänge 3177 (Fraunhofer'sche Linie *R*) passiren lässt, gelang es mehreren verdienstvollen Forschern, mit Quarz die Untersuchungen bis zur Wellenlänge 1852[2]), ja sogar noch weiter (vgl. Schumann, *a. a. O.* ***102.*** *S. 448. 1893*) auszudehnen.

Zwei optische Eigenschaften des Quarzes — die Linear- und die Zirkularpolarisation — verhindern es, dass nicht jedes beliebige Quarzprisma zur Spektralphotographie Verwendung finden kann. Ein Prisma, dessen brechende Kante parallel der optischen Achse verläuft, würde jeden eindringenden Strahl in zwei linear polarisirte zerlegen und dadurch zur Bildung zweier übereinander gelagerten Spektren der ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen Anlass geben. Ist das Prisma dagegen so aus dem Quarz geschnitten, dass seine brechende Kante senkrecht zur optischen Achse steht und seine brechenden Flächen gleiche Winkel mit dieser einschliessen, dann würde sich, selbst wenn die Strahlen das Prisma nicht genau in der Richtung der optischen Achse passiren, in Anbetracht der geringen Doppelbrechung des Quarzes keine Verdoppelung des Spektrums bemerkbar machen. Der Umstand, dass jeder den Quarz in der Richtung der optischen Achse durchsetzende Strahl gedreht wird, hat aber wieder eine Verdoppelung der Spektrallinien zur Folge, wodurch die Deutlichkeit der Spektren gefährdet wird.

Der französische Physiker Cornu hat dieser Verdoppelung der Linien mit Hülfe jener Eigenthümlichkeit des Quarzes, wonach das eine Krystallindividuum die Polari-

[1]) V. Schumann, Ueber die Photographie der Lichtstrahlen kleinster Wellenlängen. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse.* ***102.*** *1893; Eder's Jahrb. f. Photogr. 1890. S. 158; 1891. S. 217.*

[2]) Nach C. Runge's Messung 1854,09. *Astrophys. Journ. 1895. S. 433.*

sationsebene nach links, das andere dieselbe nach rechts dreht, vorzubeugen gewusst und ein nach ihm benanntes Quarzprisma (Fig. 1) konstruirt. Ein solches besteht aus einem rechts- und einem linksdrehenden Prisma, jedes mit gleich grossem brechenden Winkel von 30°. Beim Gebrauch klebt man, um Lichtverluste zu vermeiden, beide Prismenhälften zweckmässig mit Glyzerin oder Wasser zusammen. Die optische Achse steht, wie aus Fig. 1 ersichtlich, senkrecht auf der gemeinschaftlichen Berührungsfläche beider Prismen.

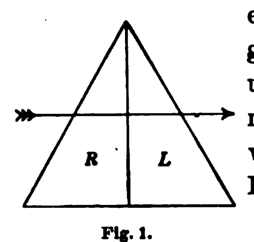


Fig. 1.

Die *Objektive des Kollimators und der Kamera* sind gleichfalls aus Quarz. Die Form der Linsen ist, wenn diese exakt hergestellt, weniger von Bedeutung und man wird daher gewöhnlich plankonvexe Linsen wählen. Wichtig aber ist, dass die geometrische Achse der Linse mit der optischen Achse des Krystalls zusammenfällt. Zweitheilige, nach Art des Cornu'schen Doppelprismas hergestellte Linsen, behufs Aufhebung der Zirkularpolarisation, sind nicht erforderlich, da bei der geringen Dicke der eintheiligen Linsen eine Verdoppelung der Bilder erfahrungsgemäss nicht auftritt. Eine Kombination von Quarz- und Kalkspathlinsen zur Aufhebung der chromatischen Aberration bietet, wie Schumann an einem aus diesem Material von H. Schroeder verfertigten Achromatenpaar gefunden, für die Spektralphotographie auch keinerlei Vortheile, sodass der einfachen Quarzlinse der Vorzug zu geben ist.

Auf die Art der Photogramme übt die *Brennweite der Linsen* einen nicht geringen Einfluss aus. Wählt man diese zu gross (etwa über 1 Meter), dann wird die Apertur, da Quarzkrystalle in genügender Grösse nur schwer oder gar nicht zu beschaffen sind, eine ausserordentlich geringe, und diese kann leicht zu Beugungserscheinungen an den helleren Spektrallinien führen und dadurch Unklarheiten in den Spektren hervorrufen. Ein weiterer Nachtheil zu langer Brennweiten liegt in der grossen, von den Strahlen zu passirenden Luftschicht; bei dem Durchgang durch dieselbe erleiden die brechbarsten Strahlen eine grössere oder geringere Absorption.

Bei zu kurzer Brennweite der Linsen und bei Anwendung eines einzigen Quarzprismas erhält man nur Spektren von sehr geringer Länge, welche den linienreichen, sichtbaren Theil kaum aufzulösen im Stande wären. In der ultravioletten Region, für deren Untersuchung diese Apparate ja vorwiegend bestimmt sind, liegen die Linien viel weiter auseinander als im sichtbaren, weniger brechbaren Gebiet, und es lässt sich daher schon mit einem verhältnissmässig kleinen Apparat die Auflösung dichtstehender Linien in mikroskopischer Schärfe und Deutlichkeit ausführen.

Die zunächst folgende Beschreibung bezieht sich auf einen solchen kleineren Apparat, für dessen Optik die Daten von V. Schumann *a. a. O.* angegeben wurden.

I. Quarzspektrograph (kleineres Modell[1]).

Beschreibung des Apparates. Die Objektive dieses Modells (Fig. 2) besitzen eine *Brennweite* von etwa 150 *mm* (für *Na*-Licht).

Auf dem Kernstück eines kräftigen Dreifusses ist eine sich nach oben verjüngende konische Achse, sowie der in Grade getheilte Kreis *K* fest aufgeschraubt. Um die konische Achse ist der durch die Schraube *a* zu klemmende Träger der Kamera drehbar; die Last der letzteren ist durch das Gewicht *g* äquilibrirt. Mittels des am Kamera-Träger befestigten Nonius *n* können direkt 5' abgelesen werden.

[1]) V. Schumann, *a. a. O. S. 20.*

In die mit dem Dreifuss verbundene konische Achse ist ein gleichfalls konischer, mittels der Griffscheibe *k* drehbarer Zapfen eingesetzt. Dieser trägt an seinem oberen Ende das in der üblichen Weise durch zwei feingängige Schrauben *j* und eine Gegenfeder justirbare Prismentischchen. Die Festklemmung der Achse des Prismentischchens erfolgt mit der Schraube *e*.

Der *Kollimator* wird von einer auf dem einen Schenkel des Dreifusses befestigten Säule getragen. Unmittelbar hinter dem Objektiv befindet sich die Irisblende *z*, deren jeweilige Oeffnung an einer auf der Fassung befindlichen Theilung abgelesen werden

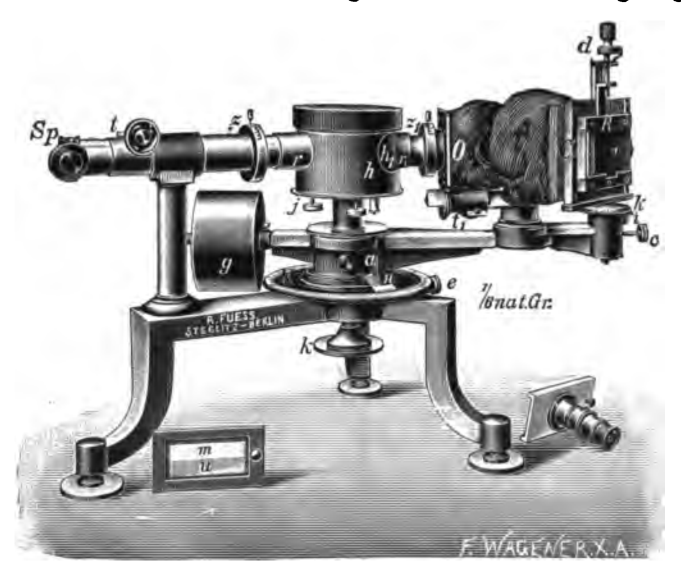


Fig. 2.

kann. Letztere kann je nach Wunsch so eingerichtet werden, dass sie entweder die Oeffnung in Millimeter oder aber das Verhältniss der Oeffnung zur Brennweite (150 *mm* für *Na*-Licht) des Objektives angiebt.

Der *Spalt Sp* ist mit Hülfe eines orientirt geführten Auszugrohres und des Triebes *t* verschiebbar. Die Backen des Spaltes, wovon die eine fest, die andere durch eine Mikrometerschraube beweglich ist, sind aus hartem Stahl gefertigt und mit wirklichen Schneiden versehen. Ein Trommelintervall der Mikrometerschraube, deren Steigung 0,25 *mm* beträgt, erlaubt die Ablesung bis auf 0,001 *mm*.

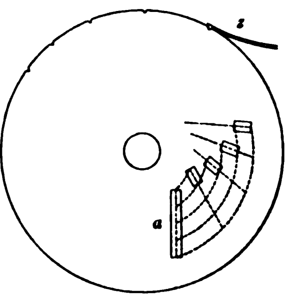


Fig. 3.

Um einzelne Strecken der Spaltlänge, und vor Allem sich dicht an einander reihende, dem von der Lichtquelle ausgesandten Strahlenbündel zu öffnen, befindet sich vor dem Spalt eine leicht abnehmbare und drehbare Scheibe, die nach Maassgabe der Fig. 3 mit Oeffnungen von den gewünschten Spaltstrecken versehen ist. Die grössere Oeffnung *a* ist für die ganze Spaltlänge (4 *mm*), die vier kleineren für eine viertel Spaltlänge bestimmt. Ein in entsprechende Einschnitte der Scheibe eingreifender federnder Zahn *z* markirt derart die Stellungen der vier Oeffnungen, dass sich jede derselben immer an die zuvor geöffnete Spaltstrecke anschliesst. Diese Einrichtung, sich an einander anschliessende, kurze Spaltstrecken herauszugreifen, ist dann erforderlich, wenn es sich um den Nachweis der Koïnzidenz von Linien verschiedener, auf einer Platte aufzunehmender Spektren handelt, da in diesem Fall das sonst ein-

zuschlagende Verfahren, die Platte in der Richtung der Linien zu verschieben, nicht genügende Gewähr für die exakte Verschiebung verbürgt, sondern seitliche Abweichungen dabei immer zu befürchten bleiben.

Für kleinere Spaltlängen als 1 *mm* kann die vorerwähnte Scheibe gegen eine Platte vertauscht werden, welche ein mikrometrisch verschiebbares Spaltbackenpaar trägt, zu dessen Einstellung auf die gewünschte Länge die Schraube eine kleine getheilte Trommel besitzt.

Die *Kamera* ist, wie eingangs erwähnt, auf einem, um die Achse drehbaren Trägerarm montirt. Der Träger O des Objektives kann mit Hülfe der Triebführung t_1 behufs Fokusirung der Platte verschoben werden. Wie bei dem Kollimator ist hinter dem Objektiv der Kamera eine Irisblende z_1 angebracht. Der mit O durch einen leichten und geschmeidigen Anschlussbalg von zweckentsprechender Form lichtdicht verbundene Kassettenträger C kann um einen mittels der Schraube c fixirbaren, konischen Zapfen gedreht werden, dessen Umdrehungsachse in ihrer Verlängerung in der lichtempfindlichen Schicht der photographischen Platte liegt. An dem in Grade eingetheilten Kreis k und dem Index i kann jede beliebige Winkelstellung der Platte zur Linsenachse abgelesen werden. In der Gebrauchsstellung schliessen Platte und Linsenachse Winkel ein, welche zwischen 20° bis 32° variiren.

Die *Kassette*, welche für ein *Plattenformat* 3 × 6,5 *cm* eingerichtet ist, unterscheidet sich in keiner Art von den gebräuchlichen Holzkassetten.

Behufs *Aufnahme einer grösseren Anzahl untereinander stehender Spektren*, bei denen es sich meist um rasch auf einander folgende und kurze Expositionen handelt (besonders bei Aufnahmen des Sonnenspektrums), kann die Platte schnell in die zur folgenden Aufnahme erforderliche Stellung gebracht werden. Zu diesem Ende lässt sich der eigentliche Einschieberahmen R der Kassette mittels der Schraube d und einer exakten Schlittenführung in der Richtung der Spektrallinien verschieben. Das Gewinde der mehrgängigen Schraube besitzt eine Steigung von 3 *mm*. In den Mantel der Schraubentrommel sind zwei um 180° von einander entfernte Kerben eingeschnitten, in welche ein federnder Zahn einfällt und so jede halbe Drehung, die einer Verschiebung der Platte von 1,5 *mm* entspricht, anzeigt. Die Mittelstellung der Platte ist ausserdem durch eine auf dem Einschieberahmen befindliche Marke angedeutet.

Der Kamera werden für die approximative Einstellung der Spektren noch zwei in einen Metallrahmen unter einander angebrachte *Einstellscheiben* (Fig. 4) beigegeben.

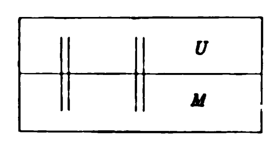


Fig. 4.

Die eine derselben ist eine feinkörnig mattgeschliffene Glasscheibe M; die andere U ist aus Uranglas geschnitten, deren fluoreszirende Wirkung man zum Auffangen des ultravioletten, nicht sichtbaren Gebietes benutzen kann, während man gleichzeitig im Stande ist, auf der Mattscheibe das Spektrum bis zum Roth zu verfolgen. Durch direkte Beobachtung mittels der Uranglasplatte lässt sich das Spektrum etwa bis zur Wellenlänge 1852 verfolgen; es gelingt dieses indess nur mit dem *Aluminium*-Flaschenfunken und am besten bei weitgeöffnetem Spalt.

Ausser den Visirscheiben kann an deren Stelle ein Metallschieber (in Fig. 2 rechts unten sichtbar) eingesetzt werden, welcher die für die verschiedenen Zwecke erforderlichen Okulare aufnimmt. Die Bildebene der Okulare fällt mit der Schichtseite der photographischen Platte und damit gleichzeitig mit der Umdrehungsachse des Kreises k zusammen. Eine wohl für alle Erfordernisse geeignete *Okularausrüstung* würde sich aus folgenden 3 Okularen zusammensetzen:

1. Ein Ramsden'sches Okular mit Fadenkreuz, für gewöhnliche Beobachtungs- bezw. Mess-Zwecke.

2. Ein Gauss'sches Okular, welches gegen das Ramsden'sche auswechselbar ist und zur Justirung des Prismas dient.

3. Ein Soret'sches Okular[1]) mit fluoreszirender Uranglasplatte zur Beobachtung und Bestimmung der Fraunhofer'schen Linien im Ultraviolett. Auf die Uranglasplatte ist ein paralleles Strichpaar zum Einstellen (Minimum der Ablenkung) aufgetragen. Die Striche sind, da dieselben undurchsichtig sein müssen, mit Schwärze eingerieben.

Zum Schutz gegen fremdes Licht ist das Prisma von einer *Verdunkelungseinrichtung* umgeben, welche es gestattet, die photographischen Arbeiten im erleuchteten Raum auszuführen. Diese Einrichtung ermöglicht auch, die Achse der Kamera mit der des Kollimators unter beliebige Inzidenzwinkel innerhalb 120° bis 180° zu bringen. Erreicht wurde dies durch folgende Anordnung. Ueber die feste untere Platte des Prismentischchens ist zentral die geschwärzte Hülse h gesetzt; diese trägt links einen rohrartigen Fortsatz r, welcher sich über eine vor dem Objektiv des Kollimators abschraubbar befestigte Röhre steckt. In die Hülse h ist drehbar eine zweite Hülse h_1 eingesetzt, deren rechts befindlicher Rohransatz r_1 sich über die vor dem Kameraobjektiv angebrachte Röhre stülpt. Letztere ist lang genug, um bei den Einstellungen des Objektives mittels der Triebbewegung noch innerhalb r_1 zu bleiben. Bei der Drehung der Kamera um die zentrale Achse folgt die Hülse h_1 den Bewegungen des Trägerarmes. Zu diesem Zweck befindet sich in h ein länglicher Ausbruch. Eine gleichartige längliche Oeffnung ist, um dem aus dem Kollimatorobjektiv austretenden Licht bei jeder Stellung des Kameratheiles den Zutritt zum Prisma zu gewähren, in h_1 eingeschnitten. Ueber die Verdunkelungsvorrichtung wird, nachdem das Prisma eingesetzt, ein abnehmbarer Deckel gestülpt.

Aufstellung und Gebrauch des Apparates. Die *Aufstellung* des Apparates und der dazu unmittelbar erforderlichen Attribute muss auf einer festen, von Erschütterungen freien Unterlage erfolgen.

Die Art der *Justirung des Prismas* mit Hülfe des Gauss'schen Okulares oder einer auf die Visirscheibe gezogenen horizontalen Mittellinie (Trennungsfuge von Mattglas und Uranglas) darf als wohlbekannt vorausgesetzt und deshalb übergangen werden.

Da bei den meisten Aufnahmen die *Spaltöffnung* nur zu einem Theil ihrer Länge geöffnet ist und diese für gewöhnlich zwischen 0,5 und 4 *mm* variirt, so muss die Einstellung der Lichtquelle, wenn Funkenlicht in Frage steht, in die verlängerte Achse des Kollimators unter Zuhülfenahme eines Fernrohres (Ablesefernrohr oder Kathetometer), welches konachsial mit dem Kollimator aufgestellt ist, ausgeführt werden.

Sehr kurze Spaltlängen, wie z. B. von 0,2 *mm*, kommen besonders bei langanhaltenden Expositionen und bei der Aufnahme schwach wirksamer Strahlen (der brechbarsten Strahlen des Sonnenspektrums und der Funkenspektren) mit gewöhnlichen Gelatinetrockenplatten zur Anwendung. Verwendet man bei langer Belichtung grössere Spaltlängen, dann entsteht im Apparat ein aus Strahlen grösserer Brechbarkeit zusammengesetztes zerstreutes Licht, welches die Platte so stark verschleiert, dass sich bei der Entwickelung eine schwache Lichtwirkung der aufzunehmenden brechbarsten Strahlen nicht von dem verschleierten Plattengrund abheben kann. Aus

---

[1]) J. L. Soret, *Pogg. Ann. Jubelband. S. 167. 1874; Arch. des sciences physiques et naturelles* ***49.*** *S. 338. 1874;* ***57.*** *S. 319. 1876;* ***4.*** *S. 510. 1880.*

diesem Grund ist die Aufnahme der brechbarsten Sonnenstrahlen an winzige Spaltlängen gebunden. Nach einer mir von Hrn. V. Schumann gemachten Mittheilung zeigen sich bei Anwendung von *Funkenlicht* die von Hrn. V. Schumann selbst präparirten, ultraviolett empfindlichen Platten dem diffusen Licht im Apparat gegenüber nur wenig empfindlich und erfordern daher die Rücksichtnahme auf so geringe Spaltlängen nicht.

Als *Lichtquelle* kann sowohl der horizontal[1]) oder vertikal[2]) gestellte Flaschenfunke eines Funkeninduktors, der elektrische Flammenbogen oder das durch einen Heliostatenspiegel auf den Spalt gesandte Sonnenlicht dienen.

Zu Vergleichsspektren benutzt man zumeist *Elektroden* aus Cadmium[3]), Aluminium[4]), Zink, Kupfer, Eder'scher Legirung (gleiche Theile Blei, Zink u. Cadmium) u. s. w.

Von der *Entfernung* einer in ihrer Gestalt veränderlichen *Lichtquelle vom Spalt* hängt zum nicht geringen Theil das gute Gelingen der Spektren ab. Je mehr sich die Lichtquelle in der Nähe des Spaltes befindet, um so unklarer erscheinen im Allgemeinen die Linien; unter Umständen macht sich sogar eine Verdoppelung der Spektrallinien geltend. Mit der Entfernung der Lichtquelle vom Spalt wächst dagegen die Linienschärfe, aber gleichzeitig verliert das Licht an seiner Stärke und macht längere Expositionen erforderlich. Diesem Nachtheil begegnet V. Schumann durch Anwendung eines geeigneten *Kondensors*[5]).

Derselbe besteht aus zwei Quarzzylinderlinsen (einer plan- und einer bikonvexen), deren Linsenachse mit der krystallographischen Achse des Quarzes zusammenfällt. Die geometrische Achse der Linse mit der kleineren Brennweite steht parallel zur Spaltrichtung, die der anderen senkrecht dazu. Jede Linse besitzt einen besonderen Halter, welcher es ermöglicht, dieselbe um eine zum Spalt parallele Achse zu drehen. Beide Linsen lassen sich einzeln und gemeinsam auf einem hoch und niedrig stellbaren und mit drei Nivellirschrauben versehenen Stativ in der Richtung der Kollimatorachse verschieben. Die plankonvexe Linse steht dem Funken am nächsten und ihr Abstand von diesem muss etwa so bemessen sein, dass das aus der Linse austretende Strahlenbündel ungefähr der freien Oeffnung des Kollimatorobjektives entspricht und derjenige Theil der Strahlen auf den Spalt fällt, welcher zur Aufnahme gelangen soll. Die zweite hinter der ersteren aufgestellte bikonvexe Linse vereinigt das zu einem schmalen Lichtstreifen ausgezogene Funkenbild auf dem Spalt, und man kann durch geringe achsiale Verschiebungen dieser Linse bald diejenige Stelle finden, wo Lichtstreifen und Spalt gleiche Länge haben. Die Länge des Streifens bezieht sich natürlich auf die zur Aufnahme kommenden Strahlen. Schumann bedient sich zur Einstellung, wenn die aufzunehmenden Strahlen unsichtbare sind, einer dünnen fluoreszirenden Platte, mit welcher der Spalt bedeckt wird. Dem Apparat wird zu diesem Zweck ein passendes Uranglasplättchen beigegeben.

Zur rohen *Orientirung und Einstellung der Spektren* dient die bereits erwähnte, aus einer Uranglasplatte und einer gewöhnlichen Mattscheibe zusammengesetzte, an

---

[1]) Nach H. C. Vogel, Potsdam.

[2]) Nach W. N. Hartley, Dublin.

[3]) Fluoreszirt am stärksten, doch nur bis 2144.

[4]) Fluoreszirt am stärksten im brechbarsten Ultraviolett bis 1852.

Beide sind daher zur rohen Einstellung des Ultravioletten mehr wie jedes andere Metall zu empfehlen.

[5]) Ausführliches über Einrichtung und Gebrauch dieses Kondensors siehe V. Schumann, *a. a. O. S. 23; Eder's Jahrb. f. Photogr. 1889. S. 238.*

Stelle der Kassette gebrachte Einstellscheibe (Fig. 4). Die beiden auf die Scheiben aufgetragenen vertikalen Linienpaare dienen zur Einstellung in das Minimum der Ablenkung. Um die Beobachtung des besonders bei dem vorbeschriebenen Apparat immerhin kleinen Spektrums zu erleichtern, benutzt man eine gute Handlupe (Steinheil'sche Lupe); diese muss bei der Betrachtung des Fluoreszenzspektrums stark geneigt gegen die Glasfläche gehalten werden.

Die feine Einstellung lässt sich nur durch photographische Aufnahme der Spektren unter Verschiebung des Spaltrohres, des Kameraobjektives, durch Verstellung der Spalt-Weite und -Länge, sowie durch passend regulirte Oeffnung der Objektive (mittels der Irisblenden) erreichen. Die für die Aufnahmen einer grösseren Zahl untereinander stehender Spektren bestimmte vertikale Bewegungseinrichtung des Kassettenhalters ermöglicht hier bei einiger Uebung eine verhältnissmässig rasche Feineinstellung.

Photographischer Prozess. Von den im Handel zu habenden Platten kann für die spektrographischen Arbeiten die feinkörnige Schleussner'sche Bromsilbergelatineplatte als die geeignetste gelten. Weit höhere Empfindlichkeit besitzen die nach einem von E. Zettnow[1]) angegebenen Verfahren hergestellten Platten. V. Schumann[2]) bediente sich bei dem grössten Theil seiner Aufnahmen Platten eigener Präparation, da diese wie keine andere Platte scharfe und kontrastreiche Linienbilder auf glasklarem Grunde liefern.

Ueber die *Expositionszeiten* lassen sich natürlich keine bestimmten Angaben machen; sie hängen ganz von der Art der Lichtquelle, Spaltöffnung, Objektivöffnung, und von der Empfindlichkeit der benutzten Platte ab. Bei Aufnahmen des Sonnenspektrums genügen z. B. meist Belichtungszeiten von wenigen Sekunden, während bei Funkenlicht die Expositionen durchschnittlich etwa 5 bis 10 Minuten (vgl. hierüber V. Schumann, *a. a. O. S. 26.*) unter Umständen auch noch bedeutend länger dauern müssen.

Zur *Regelung der Belichtungszeiten* ist bei dem kleineren Modell keine besondere Einrichtung vorgesehen. Es kann diese einfach durch Ein- und Ausschaltung einer undurchsichtigen Scheibe zwischen Lichtquelle und Spalt geschehen.

Das *Entwickeln und Fixiren* der Platten geschieht am besten mit Soda-Pyrogallus und unterschwefligsaurem Natron.

Einrichtung des Apparates zur Beobachtung und Photographie der Absorptionsverhältnisse doppeltbrechender Krystalle und des Pleochroismus im Ultraviolett[3]). Das zu diesen Untersuchungen erforderliche Attribut besteht in einem zwischen Kollimatorobjektiv und Prisma vom Beobachter leicht einzuschaltenden Rochon'schen Quarzprisma. Dasselbe ist zum Zweck seiner Justirung mittels eines Griffknopfes von aussen um einen geringen Betrag in seiner Hülse drehbar. Bei richtiger Einstellung des Prismas liegt dessen Hauptschnitt parallel zum Spalt. Die Länge des letzteren ist durch ein Diaphragma auf etwa 1 *mm* eingeengt und die Grösse der Doppelbrechung des Rochonschen Prismas so bemessen, dass die im Okular oder auf der Visirscheibe sichtbaren und in der Längsrichtung verschobenen beiden Spaltbilder der ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen zusammenstossen. Beide Bilder werden durch das Quarzprisma spektral zerlegt, und man erblickt demnach zwei aneinander grenzende Spektren, von denen das eine horizontal, das andere vertikal polarisirt ist.

[1]) *Photogr. Korrespondenz 1889 (Platte 93).*

[2]) Vgl. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien.* **102.** *S. 994. 1893.*

[3]) Vgl. hierüber V. Agafonoff, *Archives des sciences physiques et naturelles, Oktober 1896.*

Die absorbirende Krystallplatte wird entweder vor den Spalt geklebt oder besser mittels eines dünnen Objektträgers auf einem vor dem Spalt befindlichen kleinen Drehtisch befestigt. Letzterer ist auf einem an der Säule des Kollimators anklemmbaren Halter montirt.

Untersuchung der Absorption ultravioletter Strahlen durch Dämpfe und Flüssigkeiten[1]). Hierfür behält der Apparat selbst seine gewöhnliche Einrichtung.

Die zu untersuchenden *Flüssigkeiten* bringt man am besten in Glasröhren, deren Ende durch planparallele, senkrecht zur Krystallachse geschnittene Quarzplatten verschlossen sind. Je nachdem die Lösungen schwach oder stark absorbiren, wird man die Glasröhren kürzer oder länger wählen.

Zur Entwicklung von *Dämpfen* hat J. Pauer *a. a. O. S. 366* einen einfachen Apparat angegeben, auf dessen Beschreibung und Abbildung hiermit verwiesen sein mag.

II. Quarzspektrograph (mittleres Modell).

Die *Objektive* des Kollimators und der Kamera besitzen bei diesem Modell eine Brennweite von 400 *mm* (für *Na*-Licht) und diesem Maass entsprechend sind auch sämmtliche Theile des Instrumentes ausgeführt.

Für die zur Verwendung gelangenden Platten ist das überall leicht zu erhaltende Format 6 × 9 *cm* angenommen; auf Wunsch aber kann die Kamera auch für andere Plattengrössen, 9 × 12 *cm* jedoch nicht übersteigend, hergestellt werden.

Im Uebrigen besitzt das Instrument folgende, in der konstruktiven Anordnung und Ausbildung dem vorbeschriebenen kleineren Modell gleichartige Einrichtungen: Mikrometerspalt mit harten Stahlschneiden, Verschiebung des Spaltes durch Zahn- und Triebbewegung, abnehmbare Diaphragmascheibe vor dem Spalt (vgl. Fig. 3) für Koïnzidenzaufnahmen; Theilkreis mit 5′ Nonius, an welchem unmittelbar die Stellung von Kollimator und Kamera abgelesen werden kann (zeigt der Nullpunkt des Nonius auf 180° des Theilkreises, dann stehen Kollimator und Kamera genau gegenüber); Prismentischchen selbständig drehbar und mit den üblichen Justirschrauben versehen; Verdunkelungseinrichtung für das Prisma in der *S.* 325 beschriebenen Art; Objektiv der mit Ausnahme der Kassette aus Metall gefertigten Kamera durch Triebbewegung fokusirbar; Kassettenlaufbahn um eine Vertikalachse drehbar, deren geometrische Achse in die Fläche des lichtempfindlichen Plattenüberzuges fällt; Winkelstellung der Platte zur Linsenachse an einem Theilkreis ablesbar; Kassettenhalter vertikal durch Schraube u. s. w. (Fig. 2 und 5) für Reihenaufnahmen beweglich; Kassettenbahn und Objektivträger durch zweckentsprechenden Anschlussbalg mit einander verbunden; Einstellscheibe aus einer Uranglasplatte und Mattscheibe zusammengesetzt, um das Spektrum bis zum Roth gleichzeitig verfolgen zu können.

Objektive des Kollimators und der Kamera sind mit je einer Kollektion einsteckbarer Blenden versehen, auf welchen die Grösse der Blendenöffnung in Millimeter angegeben ist; auf besonderen Wunsch werden anstatt der Einsteckblenden Irisdiaphragmen beigegeben.

Die *Regelung der Expositionszeiten* wird bei diesem Instrument mittels einer kurz vor der Platte eingefügten, in den Strahlengang ein- und ausklappbaren Scheibe besorgt (vgl. hierüber die folgende Beschreibung des grossen Modells und Fig. 5).

Hinsichtlich der *Aufstellung und der Anwendung des Apparates* gilt im Wesentlichen auch hier das von *S.* 325 ab Gesagte.

---

[1]) Vgl. J. Pauer, *Wied. Ann.* ***61.*** *S. 363. 1897.*

III. Quarzspektrograph (grosses Modell).

Fig. 5 giebt eine perspektivische Ansicht dieses Apparates in $^1/_{14}$ der natürlichen Grösse. Die *Brennweite der Objektivlinsen* beträgt bei diesem Modell 800 *mm* (für *Na*-Licht).

Um eine auf der dreifussartigen Grundplatte befestigte konische Mittelachse ist die Büchse *B* drehbar aufgesetzt. Mit dieser verbunden ist der aus Aluminium gefertigte Trägerarm *T* der Kamera; die Last des Trägers und der Kamera wird durch das Gegengewicht *g* ausbalanzirt. Damit auch ungeachtet der Schwere der Büchse und der an ihr befestigten Theile ein leichter und dabei sicherer Gang erzielt werde, ist dieselbe durch eine in das obere verschlossene Ende der Büchse *B* eingesetzte feingängige Stellschraube entlastet, welche mit ihrer glasharten Endfläche auf der gleichfalls harten, in die Mittelachse eingeschraubten Stahlkugel aufliegt. Dazu ist die Schraube so eingestellt, dass die Büchse sich eben passend über die Mittelachse steckt und an einem Festsetzen verhindert ist.



Fig. 5.

Mit dem an der Büchse befestigten Nonius *n* können an dem in Grade getheilten Kreis *K* direkt 5' abgelesen werden. Zur Fixirung der Büchse dient die Griffschraube *a*, welche unter Vermittlung eines an die Achse sich anschmiegenden Druckstückes gegen die letztere wirkt.

Der *Prismentisch* ist um eine genau zentrisch zur Büchse *B* in den Theil *P* eingesetzte Achse selbständig drehbar. Die Drehung geschieht mit Hülfe einer Anzahl Griffheftchen *h*, welche in den Rand der mit der Achse verbundenen unteren Scheibe eingesetzt sind. Zum Festklemmen dient die Schraube *e*. Mittels dreier feingängiger Stellschrauben wird in bekannter Weise die Korrektion des Tisches ausgeführt.

Das *Kollimatorrohr* wird von dem auf der Grundplatte befestigten Ständer *St* getragen. Zum Zwecke der Korrektion (Normalstellung des Kollimators zur Umdrehungsachse) sind neben den vier Befestigungsschrauben *z* für das Kollimatorrohr noch vier Stellschrauben *c* in die obere Platte des Ständers eingesetzt, auf deren schwach verrundeten Enden das Kollimatorrohr aufruht. Dicht hinter dem Objektiv lassen sich wie bei den photographischen Objektiven Blenden (7 von verschiedener Grösse) einschieben, deren Oeffnungen in Millimeter auf den Blenden vermerkt sind[1]).

Der *Spaltschlitten Sp* unterscheidet sich von demjenigen der beiden vorbeschriebenen Apparate lediglich durch seine grösseren Dimensionen. Die grösste verfügbare Spaltlänge beträgt 15 *mm*. Die Spaltbacken sind aus hartem Stahl gefertigt und mittels der Mikrometer-Trommel kann die Spaltweite bis auf ein tausendstel Millimeter direkt abgelesen werden.

---

[1]) Wenn es erwünscht ist, kann anstatt der Einsteckblenden auch ein Irisdiaphragma angebracht werden.

Ein durch Zahnstange und Trieb *t* bewegliches und orientirt geführtes, langes Auszugsrohr erleichtert die fokale Einstellung des Spaltes. Um letzteren auch jederzeit wieder auf eine bestimmte Einstellung bringen zu können, ist auf das Auszugsrohr eine Millimeterskale aufgetragen.

Für *Koïnzidenzaufnahmen* ist eine der auf *S.* 323 beschriebenen und in Fig. 3 abgebildeten analoge Einrichtung vorgesehen, mittels derer sich aneinander anschliessende $^1/_3$ oder $^1/_6$ Spaltlängen dem von der Lichtquelle ausgesandten Strahlenbündel geöffnet werden können.

Sämmtliche Theile der *Kamera* sind auf dem Trägerarm *T* montirt. Eine sehr ausgiebige, durch Zahn und Trieb zu bewegende Schlittenführung des Objektives dient zur Fokusirung der Platte. Die Bewegungen des mit einer Orientirungstheilung versehenen Schlittens können entweder direkt durch den Triebknopf t_1 oder aber in weit bequemerer Weise durch einen rechts unterhalb der Kassettenlaufbahn befindlichen Griff t_2 erfolgen. Dieser Griff bildet das eine Ende der Stange, deren entgegengesetztes Ende mit einem Zahnrad (sogen. Kegelrad) in Verbindung steht, welches in ein gleichartiges, auf die Triebwelle aufgesetztes Zahnrad eingreift. Hinter dem Objektiv lassen sich wie beim Kollimator Blenden einstecken.

Der aus mehrfach miteinander verleimten Hölzern gefertigte *Kassettenträger C* unterscheidet sich hinsichtlich seiner Konstruktion kaum von demjenigen der Apparate I und II. Er besitzt eine vertikale Umdrehungsachse, um die Plattenebene schief zur Linsenachse stellen zu können. Die von Plattenebene und Linsenachse eingeschlossenen Winkel lassen sich an dem Theilkreis *k* ablesen. Fallen Index und der 90°-Strich von *k* zusammen, dann steht die Platte normal zur Linsenachse.

Die für den Apparat bestimmten, möglichst leicht gehaltenen *Doppelkassetten* sind für das *Plattenformat* 9 × 12 *cm* eingerichtet. Will man das gesammte Spektrum aufnehmen, dann gelingt es bei geeigneter Fokusirung, das Spektrumbild auf grosse Länge scharf zu erhalten. Für diesen Fall ist es dann zweckmässig, ein noch grösseres Plattenformat (etwa 13 × 18 *cm* der Länge nach durchschnitten, also $6^1/_2$ × 18 *cm*, bis zu Platten von etwa 26 *cm* Länge) zu wählen. Um ein so günstiges Ergebniss ausgedehnter Bildschärfe zu erlangen, muss der Objektivabstand von der Platte ein grösserer sein als der vom Spalt. Sind dagegen die Linsenabstände vom Spalt einerseits und von der Plattenmitte andererseits gleich, so fällt das Bild nur auf eine kurze Strecke scharf aus. Kleinere Formate, wie etwa die des kleineren und mittleren Modells (3 × 6,5 *cm* und 6 × 9 *cm*) können durch Beigabe von Einlegerahmen Verwendung finden.

Für *Reihenaufnahmen* (vgl. *S.* 324) kann die Platte mittels der stark steigenden Schraube *d* gehoben und gesenkt werden. Jede Umdrehung der Schraube, welche eine Plattenverschiebung von 3 *mm* bedeutet, wird durch einen federnden Zahn gekennzeichnet. Die Mittelstellung der Platte ist durch eine Marke angedeutet.

Zur rohen *Einstellung der Spektren* (unter Benutzung einer Handlupe) dient eine nach Art der Fig. 4 aus einer Uranglasplatte und einem Mattglas zusammengesetzte Visirscheibe (vgl. *S.* 324).

Mit Okularen wird dieses grosse Modell nur auf speziellen Wunsch ausgerüstet. Die Anbringung derselben geschieht dann wie bei dem kleinen Modell mittels eines besonderen Schiebers (rechts unten in Fig. 2), welcher an Stelle der Kassette eingeschoben ist.

Die *lichtdichte Verbindung* zwischen Kassettenträger und Objektiv wird durch den Anschlussbalg *A* und den Ledersack *L* hergestellt. Ersterer verbindet den verschiebbaren Träger des Objektives mit dem Brett *W*, letzterer dieses mit dem dreh-

baren Kassettenträger. Am Niedersinken des Balges wird derselbe durch das Tischchen p verhindert.

Die den Prismentisch umschliessende *Verdunkelungseinrichtung* entspricht ganz derjenigen der beiden Apparate I und II (vgl. *S.* 325). Der lichtdichte Abschluss zwischen dem feststehenden Kollimatorobjektiv und der Verdunkelungskappe des Prismentisches geschieht einfach durch eine kurze Hülse, welche man über die sich nahezu mit ihren Enden berührenden beiden Rohrstutzen der Verdunkelungskappe und des Kollimatorobjektives schiebt. Das verschiebbare Kameraobjektiv ist mit der inneren, drehbaren Hülse der Verdunkelungskappe durch einen jederzeit leicht abnehmbaren Anschlussbalg Δ_1 verbunden. Nach Lösen der beiden Schrauben s kann der Balg abgenommen werden. Auch die vollständige Verdunkelungseinrichtung ist jederzeit rasch vom Prismentisch abzuheben.

Die *Regelung der Belichtungszeiten* wird in der Weise bewerkstelligt, dass mittels einer in die freie Oeffnung des Brettes W, an welchem Balg und Ledersack befestigt sind, eingesetzten Klappe aus dünnem Aluminiumblech durch zwei zu beiden Seiten des Brettes befindliche Griffknöpfe u (einer in der Figur nur sichtbar) dem Licht der Zutritt zur Platte geöffnet und verschlossen werden kann. Beim Oeffnen wird einer der Knöpfe in der Richtung des Prismas, beim Schliessen in der der Platte gedreht. Beide Stellungen der Klappe sind durch sanfte Anschläge markirt.

(Fortsetzung folgt.)

Tafeln für die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur.

Von
Dr. **Karl Scheel** in Charlottenburg.

Die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur ist neuerdings[1]) von M. Thiesen, K. Scheel und H. Diesselhorst in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in dem Intervall von 0° bis 40° nach der für solchen Zweck bisher noch nicht benutzten Methode der kommunizirenden Röhren bestimmt worden. Die Resultate sind dann von Hrn. Thiesen im Thätigkeitsberichte der Reichsanstalt[2]) durch die Formel

$$1-\varepsilon = \frac{(t-3^\circ,98)^2}{503\,570}\cdot\frac{t+283^\circ}{t+67^\circ,26}$$

dargestellt worden, in welcher ε die Dichte des Wassers bei der in der Wasserstoffskale gemessenen Temperatur t bedeutet. Folgende kleine Tabelle giebt ein Bild von der Uebereinstimmung der beobachteten und nach dieser Formel berechneten Werthe der Dichte:

t	ε (beobachtet)	ε (berechnet)	$B-R$ $10^{-7}\times$
0°	0,999 8679	8676	+ 3
3,98	1,000 0000	0000	0
10	0,999 7272	7271	+ 1
15	0,999 1263	1264	— 1
20	0,998 2298	2303	— 5
25	0,997 0714	0708	+ 6
30	0,995 6732	6732	0
35	0,994 0576	0578	— 2
40	0,992 2417	2412	+ 5

---

1) *Wied. Ann.* **60.** *S. 340. 1897*; siehe auch *diese Zeitschr.* **17.** *S. 87. 1897.*

2) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 140. 1897.*

Dichte des Wassers

nach den Beobachtungen von M. Thiesen, K. Scheel, H. Diesselhorst.

Wasserstoffskale.

Grad	Zehntelgrade									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,999 8676	8744	8809	8872	8934	8994	9052	9108	9163	9215
1	9266	9316	9363	9409	9453	9495	9535	9574	9611	9646
2	9680	9712	9742	9770	9797	9822	9845	9867	9887	9906
3	9922	9938	9951	9963	9973	9981	9988	9994	9997	9999
4	1,000 0000	*9999	*9996	*9992	*9986	*9979	*9969	*9959	*9946	*9933
5	0,999 9918	9901	9883	9863	9841	9818	9794	9768	9740	9711
6	9680	9648	9615	9580	9543	9505	9465	9424	9382	9338
7	9293	9246	9198	9148	9097	9044	8990	8934	8877	8819
8	8759	8698	8635	8571	8506	8439	8371	8301	8230	8158
9	8084	8009	7932	7854	7775	7694	7612	7529	7444	7358
10	7271	7182	7092	7000	6908	6814	6718	6622	6524	6424
11	6324	6222	6118	6014	5908	5801	5693	5583	5472	5360
12	5246	5131	5015	4898	4779	4659	4538	4416	4292	4167
13	4041	3914	3786	3656	3525	3392	3259	3124	2988	2851
14	2713	2573	2433	2291	2148	2003	1858	1711	1563	1414
15	1264	1112	0960	0806	0651	0495	0337	0179	0019	*9858
16	0,998 9697	9533	9369	9204	9037	8870	8701	8531	8360	8188
17	8014	7840	7664	7488	7310	7131	6951	6770	6588	6404
18	6220	6034	5847	5660	5471	5281	5090	4898	4705	4511
19	4315	4119	3921	3723	3523	3323	3121	2918	2714	2509
20	2303	2096	1888	1679	1469	1258	1046	0832	0618	0403
21	0186	*9969	*9750	*9531	*9310	*9089	*8866	*8643	*8418	*8193
22	0,997 7966	7738	7510	7280	7050	6818	6585	6352	6118	5883
23	5645	5407	5169	4929	4689	4447	4205	3962	3717	3472
24	3225	2978	2730	2480	2230	1979	1727	1473	1219	0964
25	0708	0452	0194	*9935	*9675	*9414	*9153	*8890	*8626	*8362
26	0,996 8097	7830	7563	7295	7026	6756	6485	6213	5940	5666
27	5391	5116	4839	4562	4284	4004	3724	3443	3161	2878
28	2594	2310	2024	1738	1451	1162	0873	0583	0292	0000
29	0,995 9708	9414	9120	8824	8528	8231	7933	7634	7334	7034
30	6732	6430	6127	5823	5518	5212	4905	4598	4289	3980
31	3670	3359	3047	2735	2421	2107	1791	1475	1158	0841
32	0522	0202	*9882	*9561	*9239	*8916	*8593	*8268	*7943	*7617
33	0,994 7290	6962	6633	6304	5974	5643	5311	4978	4645	4310
34	3975	3639	3302	2965	2626	2287	1947	1606	1264	0922
35	0578	0234	*9889	*9544	*9197	*8850	*8502	*8153	*7803	*7453
36	0,993 7101	6749	6396	6043	5688	5333	4977	4620	4263	3904
37	3545	3185	2824	2463	2101	1738	1374	1009	0644	0278
38	0,992 9911	9543	9175	8806	8436	8065	7693	7321	6948	6574
39	6200	5824	5448	5071	4694	4315	3936	3556	3176	2795
40	2412	2029	1646	1262	0876	0490	0104	*9717	*9329	*8940

Volumen des Wassers

nach den Beobachtungen von M. Thiesen, K. Scheel, H. Diesselhorst.

Wasserstoffskale.

Grad	Zehntelgrade									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000 1324	1257	1191	1128	1066	1006	0948	0892	0838	0785
1	0734	0685	0637	0592	0548	0505	0465	0426	0389	0354
2	0320	0288	0258	0230	0203	0178	0155	0133	0113	0094
3	0078	0063	0049	0037	0027	0019	0012	0006	0003	0001
4	0000	0001	0004	0008	0014	0022	0031	0041	0054	0067
5	0082	0099	0117	0137	0159	0182	0206	0233	0260	0289
6	0320	0352	0385	0420	0457	0495	0535	0576	0618	0662
7	0707	0754	0802	0852	0903	0956	1010	1066	1123	1181
8	1241	1302	1365	1429	1494	1561	1630	1699	1770	1843
9	1917	1992	2069	2147	2226	2306	2388	2472	2557	2643
10	2730	2819	2909	3000	3093	3187	3283	3380	3478	3577
11	3678	3780	3883	3988	4094	4201	4309	4419	4530	4643
12	4756	4871	4987	5105	5224	5344	5465	5587	5711	5836
13	5962	6090	6218	6348	6479	6612	6746	6881	7017	7154
14	7292	7432	7573	7715	7859	8003	8149	8296	8444	8593
15	8744	8896	9049	9203	9358	9514	9672	9831	9991	*0152
16	1,001 0314	0477	0642	0808	0975	1143	1312	1482	1654	1826
17	2000	2175	2351	2528	2706	2886	3066	3248	3431	3615
18	3800	3986	4173	4361	4550	4741	4932	5125	5319	5513
19	5709	5906	6105	6304	6504	6705	6908	7111	7316	7521
20	7728	7936	8145	8355	8566	8778	8991	9205	9420	9636
21	9853	*0072	*0291	*0511	*0733	*0955	*1178	*1403	*1628	*1855
22	1,002 2083	2311	2541	2772	3003	3236	3470	3704	3939	4176
23	4414	4653	4893	5134	5376	5618	5862	6106	6352	6599
24	6847	7095	7345	7596	7847	8100	8353	8608	8864	9120
25	9378	9636	9896	*0156	*0417	*0680	*0943	*1207	*1472	*1739
26	1,003 2006	2274	2543	2813	3084	3355	3628	3902	4177	4452
27	4729	5006	5285	5564	5845	6126	6408	6691	6975	7260
28	7546	7833	8121	8409	8699	8989	9281	9573	9866	*0160
29	1,004 0455	0751	1048	1346	1645	1945	2245	2547	2849	3152
30	3456	3761	4067	4374	4681	4990	5299	5610	5921	6233
31	6546	6860	7174	7490	7807	8124	8442	8761	9081	9402
32	9724	*0047	*0370	*0695	*1020	*1346	*1673	*2001	*2330	*2659
33	1,005 2990	3321	3653	3986	4320	4655	4990	5327	5664	6002
34	6341	6681	7022	7363	7705	8048	8392	8737	9083	9430
35	9777	*0125	*0474	*0824	*1175	*1526	*1879	*2232	*2586	*2941
36	1,006 3297	3654	4011	4369	4728	5088	5449	5810	6172	6535
37	6899	7264	7630	7996	8363	8731	9100	9470	9841	*0212
38	1,007 0584	0957	1331	1705	2080	2456	2833	3211	3590	3969
39	4349	4730	5112	5495	5878	6262	6647	7033	7419	7806
40	8194	8583	8973	9364	9755	*0147	*0540	*0933	*1328	*1723

Logarithmen der Dichte des Wassers

nach den Beobachtungen von M. Thiesen, K. Scheel, H. Diesselhorst.

Wasserstoffskale.

Grad	Zehntelgrade									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	999 9425	9454	9483	9510	9537	9563	9588	9613	9637	9660
1	9682	9703	9724	9744	9763	9781	9799	9816	9832	9847
2	9861	9875	9888	9900	9912	9923	9933	9943	9952	9960
3	9967	9974	9980	9985	9989	9992	9995	9997	9998	9999
4	000 0000	*9999	*9998	*9996	*9994	*9991	*9987	*9983	*9978	*9972
5	999 9965	9958	9950	9941	9931	9921	9911	9900	9888	9875
6	9861	9847	9832	9817	9801	9785	9768	9750	9732	9713
7	9693	9672	9651	9629	9607	9585	9562	9538	9513	9487
8	9461	9434	9407	9379	9351	9322	9293	9263	9232	9200
9	9168	9135	9102	9068	9034	8999	8963	8927	8890	8853
10	8815	8776	8737	8697	8657	8616	8575	8533	8490	8447
11	8403	8359	8314	8269	8223	8176	8129	8081	8033	7984
12	7935	7885	7835	7784	7732	7680	7627	7574	7520	7466
13	7411	7356	7300	7243	7186	7129	7071	7013	6954	6894
14	6834	6773	6712	6650	6588	6526	6463	6400	6336	6271
15	6205	6139	6073	6006	5939	5871	5803	5734	5664	5594
16	5523	5452	5380	5308	5236	5163	5090	5016	4942	4867
17	4791	4715	4639	4562	4485	4407	4329	4250	4171	4091
18	4011	3930	3849	3767	3685	3603	3520	3437	3353	3268
19	3183	3097	3011	2925	2838	2751	2663	2575	2486	2397
20	2307	2217	2126	2035	1944	1852	1760	1667	1574	1480
21	1386	1292	1197	1102	1006	0909	0812	0715	0617	0519
22	0421	0322	0223	0123	0022	*9921	*9820	*9718	*9616	*9513
23	998 9410	9307	9203	9098	8993	8888	8782	8676	8570	8463
24	8356	8249	8141	8033	7924	7814	7704	7594	7483	7372
25	7260	7148	7036	6923	6810	6697	6583	6469	6354	6238
26	6122	6006	5889	5772	5655	5537	5419	5301	5182	5063
27	4943	4823	4703	4582	4461	4339	4217	4095	3972	3849
28	3725	3601	3476	3351	3226	3100	2974	2848	2721	2594
29	2466	2338	2210	2081	1952	1822	1692	1562	1431	1300
30	1168	1036	0904	0771	0638	0505	0371	0237	0103	*9968
31	997 9833	9698	9562	9425	9288	9151	9014	8876	8737	8598
32	8459	8320	8180	8040	7899	7758	7617	7475	7333	7191
33	7048	6905	6762	6618	6474	6329	6184	6039	5893	5747
34	5601	5454	5307	5159	5011	4863	4715	4566	4417	4267
35	4117	3967	3816	3665	3514	3362	3210	3058	2905	2752
36	2598	2444	2290	2135	1980	1825	1669	1513	1357	1200
37	1043	0886	0728	0570	0411	0252	0093	*9933	*9773	*9613
38	996 9453	9292	9131	8970	8808	8646	8584	8421	8258	8094
39	7830	7666	7501	7336	7171	7005	6839	6673	6506	6339
40	6172	6005	5837	5669	5500	5331	5162	4993	4823	4653

Auf Grund dieser Formel sind die im Vorhergehenden auf sieben Dezimalstellen mitgetheilten Tabellen berechnet; doch ist hierzu zu bemerken, dass bei der Abrundung kein Werth darauf gelegt wurde, die letzte Dezimale nun auch wirklich auf eine halbe Einheit genau zu erhalten, der Fehler wird indessen 1,5 Einheiten der letzten Stelle niemals erreichen. Eine Abkürzung der Zahlen auf 6 Stellen erschien nicht zweckmässig, weil die Formel die Beobachtungen auf weniger als eine Einheit der sechsten Stelle genau darstellt, und weil ferner die Benutzung der absoluten Methode der Bestimmung, die über die Ausdehnung eines anderen Körpers keine Voraussetzung macht, auch eine absolute Genauigkeit noch über eine Einheit der sechsten Stelle hinaus erhoffen lässt. Ausserdem dürften für Zwecke der Differenzbeobachtungen häufig auf sieben Stellen berechnete Tafeln wünschenswerth sein. Um auch für logarithmische Rechnungen bequeme Grundlagen zu besitzen, ist den beiden Tafeln für Dichte und Volumen des Wassers noch eine dritte beigefügt, welche die siebenstelligen Logarithmen der Dichte von $0^0,1$ zu $0^0,1$ angiebt.

Der barometrische Rechenstab (hypsometrisches Lineal).

Von
Prof. Dr. **B. Sresnewsky.**

Dieses von mir erfundene Instrument dient zur schnellen, mechanischen Lösung numerischer Aufgaben nach der barometrischen Höhenformel und zwar zur Reduktion des gegebenen Barometerstandes aufs Meeresniveau, ferner zur barometrischen Höhenmessung und eventuell zur Bestimmung der „wahren" Lufttemperatur einer Luftsäule von gegebener Höhe nach dem Barometerdruck an den Enden derselben (nach Rühlmann). Ich habe das Lineal nach der Rühlmann'schen Formel konstruirt mit Beachtung der Regeln und Bedürfnisse des Physikalischen Zentral-Observatoriums in St. Petersburg. Es ergiebt nämlich eine vollständig befriedigende Genauigkeit für Höhen im europäischen Russland (bis 300 Meter) bei folgenden Parametern: Die konstante absolute Feuchtigkeit = 6 *mm*, das konstante Jahresmittel der Temperaturabnahme mit der Höhe = $0,55^0$ für 100 Meter und die mittlere geographische Breite zur Reduktion des Barometerstandes auf dieselbe = 55^0. Die genaue Ableitung dieser Näherungsformel und die Untersuchung der Fehler derselben habe ich in deutscher Sprache im 10. Bande von *Wild's Repertorium für Meteorologie* veröffentlicht; dort findet sich auch eine kurze Tabelle, um numerische Aufgaben unter Vermeidung von Logarithmen im Kopf zu lösen. Diese Tabelle nebst Gebrauchsanweisung ist auch in die Instruktion für barometrische Höhenmessung der Kaiserlich Russischen Geographischen Gesellschaft aufgenommen.

Meine früheren Ableitungen unterliegen gegenwärtig folgenden kleinen Modifikationen:

1. Bei der Ableitung meiner Formel kam seinerzeit in Anwendung die Rühlmann'sche barometrische Konstante 18401,2 × 1,00157 = 18430 Meter, welche für die nicht auf normale Schwere reduzirten Barometerablesungen gilt. Da diese Reduktion heut zu Tage nach dem Beschluss der Internationalen Konferenz schon bei der Eintragung der Beobachtungen ins Beobachtungs-Journal zur Anwendung kommt, so beträgt eigentlich die barometrische Konstante 18401 Meter.

2. Anderseits kam ich im Laufe der Zeit zur Ueberzeugung, dass der Einfluss der absoluten Feuchtigkeit (nach Rühlmann $C = \log(1 + 0,378\, f/b)$ mit grösserer

Genauigkeit in die Formel eingeführt wird durch die Vergrösserung des Wärmeausdehnungskoëffizienten im Bereich von 0,00366 bis 0,00400. Eine Berechnung meines Assistenten, Herrn Block, auf Grund von einer grossen Reihe in verschiedener Höhe im Kaukasus angestellter Beobachtungen vom Jahre 1871 an ergab für die bekannte Formel der Feuchtigkeitskorrektion folgenden Werth

$$1 + 0{,}378 \frac{f}{b} = 1{,}00205 + 0{,}00019\, t,$$

wo f den Dunstdruck und b den Barometerstand bedeutet.

Daher lautet die Formel für Russland gegenwärtig

$$h = 18438{,}9 \cdot \log \frac{b + \Delta}{b} (1 + 0{,}00384\, t), \qquad 1)$$

wenn man die Aenderung der Schwerkraft mit der Höhe (ε nach Rühlmann) vernachlässigt und den Einfluss der geographischen Breite für das europäische Russland (D nach Rühlmann) als konstant annimmt; h ist hier die Höhe in Meter, b der Luftdruck oben, $b + \Delta$ der Luftdruck unten und t die Temperatur der Luftsäule.

Aus dieser Gestalt lässt sich die Formel leicht in meine Näherungsformel überführen. Benennt man mit h' die angenäherte Höhe (wie sie gewöhnlich von Reisenden nach der Druckdifferenz Δ bestimmt wird unter Vernachlässigung sowohl der konstanten Korrektion des Aneroïds, als auch der Korrektion für die Temperaturänderung), so erhält man

$$h' = 18439{,}9 \cdot \log \frac{740 + \Delta}{740}; \qquad 2)$$

an Stelle von b ist der mittlere Luftdruck für ganz Russland (740 *mm*) eingeführt, sowie die Temperatur 0°. Also hat man

$$h = h' (1 + 0{,}00384\, t) \cdot Q,$$

wenn

$$Q = \frac{\log \frac{b + \Delta}{b}}{\log \frac{740 + \Delta}{740}}.$$

Da Δ klein ist im Verhältniss zu b und 740, so ist es gestattet, die logarithmischen Binome in Reihen zu entwickeln.

Nach der Kürzung durch den Modulus im Zähler und Nenner ist

$$Q = \frac{\frac{\Delta}{b} - \frac{\Delta^2}{2 b^2} + \frac{\Delta^3}{3 b^3} - \cdots}{\frac{\Delta}{740} - \frac{\Delta^2}{2 \times 740^2} + \frac{\Delta^3}{3 \times 740^3} - \cdots},$$

oder nach der Kürzung durch Δ

$$Q = \frac{740}{b} \times Q',$$

wo

$$Q' = \frac{1 - \frac{\Delta}{2 b} + \frac{\Delta^2}{3 b^2} - \cdots}{1 - \frac{\Delta}{2 \times 740} + \frac{\Delta^2}{3 \times 740^2} - \cdots}.$$

Der letzte Ausdruck nähert sich dem Werthe 1. Bei Einsetzung des grössten Werthes $\Delta = 30$ und der grössten Abweichung $b - 740 = \pm 40$ erhält man

$$Q' = 1 \pm 0{,}0012.$$

Diesen Fehler, der 0,1 % kaum übersteigt, machen wir durch die Annahme, dass $Q' = 1$ sei; auch bei den grössten Höhen beträgt er kaum $^1/_3$ Meter oder $^1/_{30}$ *mm* Höhe des Quecksilber-Barometerstandes. Der Fehler liegt also im Bereich der ge-

wöhnlichen Beobachtungsfehler auf den Stationen, gar nicht zu reden von den Reisebeobachtungen. Bei $Q' = 1$ erhält man

$$Q = \frac{740}{b},$$

also

$$\underset{\text{IV}}{\log h} = \underset{\text{III}}{\log h'} + \underset{\text{II}}{\log (1 + 0{,}00384\, t)} + \underset{\text{I}}{\log \frac{740}{b}}. \qquad 3)$$

Da h' nach 2) eine Funktion nur von Δ ist, so lassen sich 4 Tabellen nach den Argumenten h, Δ, t und b zusammenstellen; ihre Nummern von I bis IV sind der Formel 3) in der Reihenfolge beigefügt, in welcher ich die Tabellen im *Repertorium für Meteorologie* niedergelegt habe.

Die bei dem Gebrauch der Tabellen vorkommende Addition kann mechanisch ausgeführt werden, indem man die 4 logarithmischen Tabellen durch 4 logarithmische Lineale ersetzt, die nach demselben Maassstab getheilt sind. Natürlich ist die Theilung nach den 4 Argumenten nicht gleichförmig, wie überhaupt bei den Rechenstäben mit logarithmischer Theilung, d. h. jedem 0,001 des Logarithmus entspricht eine bestimmte Strecke auf dem Lineal.

Das Schema des Lineals (Fig. 1) ist folgendes. A ist der Nullpunkt für die Grössen $\log h$ und $\log h'$ (IV und III), B ist der Nullpunkt für $\log (1 + 0{,}00384\, t)$ und $\log (740/b)$ (II und I). Wenn $AM = \log h'$, $BM = \log (1 + 0{,}00384\, t)$ und $BN = \log (740/b)$ ist, so ist augenscheinlich $AN = AM + BM + BN = \log h$ nach Gleichung 3). M und N sind beliebige zusammenfallende Punkte je zweier Theilungen. Durch Verschiebung

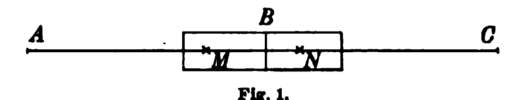


Fig. 1.

der Skalen MN und AC gegen einander lässt sich jedes gewünschte Zusammenfallen erreichen. Jedes Zusammenfallen zweier beliebiger Theilungspunkte der Skalen M und N entspricht der barometrischen Höhenformel 3), also lässt sich aus drei gegebenen Grössen stets die vierte finden; sie ist gleich der Zahl bei dem Theilstrich, welcher mit der gegebenen Grösse zusammenfällt, die noch nicht in einem Paar vorkommt.

Anmerkung über die Temperaturkorrektion. Nach dem oben Gesagten ist t die Temperatur der Luftsäule. Dieselbe kann gleichgesetzt werden der halben Summe der Temperaturen oben t' und unten $t' + \Delta t$, d. h. $= t' + \Delta t/2$. Meist ist aber sowohl auf den Stationen, als auch auf Reisen nur die Temperatur t' bekannt und Δt wird nach der mittleren Temperaturänderung mit der Höhe berechnet. Daher habe ich beim Zusammenstellen der Tabellen und der Konstruktion der Lineale

$$t = t' + 0{,}0023\, h$$

angenommen. Die Temperaturkorrektion ist also

$$(1 + 0{,}00384\, t' + 0{,}000092\, h),$$

oder in der ersten Annäherung

$$(1 + 0{,}00384\, t')\,(1 + 0{,}000092\, h).$$

Die Formel 3) nimmt also folgende Gestalt an

$$\log h - \log (1 + 0{,}000092\, h) = \log h' + \log (1 + 0{,}00384\, t') + \log \frac{740}{b},$$

wo t' die auf der (oberen) Station beobachtete Temperatur ist. Gerade diese Temperatur muss auf meinem Lineal abgelesen werden.

Rechnen (vgl. Fig. 2). Die Beobachtung ergebe $B = 740{,}0$ *mm*, $t = 20^0$. Der auf der synoptischen Karte abgelesene (aufs Meeresniveau reduzirte) Luftdruck sei $B_0 =$

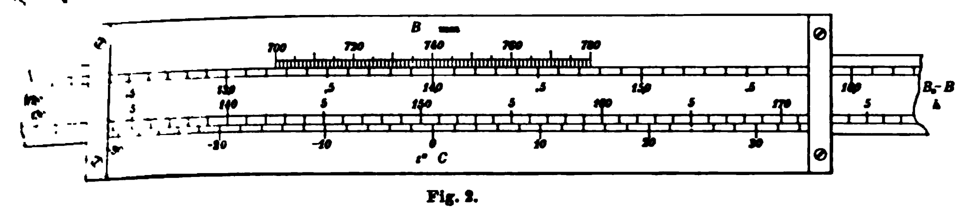


Fig. 2.

754,0 *mm*. Es ist also $B_0 - B = 14{,}0$ *mm*. Man verschiebt den Schlitten auf dem Lineal, bis $B_0 - B = 14{,}0$ mit $B = 740{,}0$ zusammenfällt, und liest bei $t = 20^0$ die Theilung $H = 163{,}6$ ab. Das ist die gesuchte Seehöhe in Meter.

Jurjew (Dorpat), Meteorologisches Observatorium.

Ueber die Berechnung zweilinsiger Objektive.

Von
Dr. R. Steinheil in München.

Im 31. Jahrgang der Vierteljahresschrift der astronomischen Gesellschaft erschien von Hrn. C. V. L. Charlier der Entwurf einer analytischen Theorie zur Konstruktion von astronomischen und photographischen Objektiven. Er veröffentlicht in demselben eine analytische Methode zur Berechnung von zweilinsigen Objektiven, über deren praktische Verwerthbarkeit ich hier Einiges anführen möchte.

Bekanntlich ist die Berechnung zweilinsiger Fernrohrobjektive dasjenige Gebiet der praktischen Optik, welches zumeist von reinen Analytikern mit Erfolg betreten worden ist. Es stellt die leichteste Aufgabe der praktischen Optik vor und zugleich auch die leichteste für die Theorie, weil das zweilinsige Objektiv dem Idealfall, welchen die Theorie braucht, am nächsten kommt, indem die Dicken und Abstände, wie auch die Oeffnung im Verhältniss zu den Radien klein gemacht werden können. In Folge dessen werden auch die Resultate, welche durch Reihenentwicklungen und nachherige Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung gewonnen wurden, mit den praktisch ausgeführten Resultaten übereinstimmen.

Die von den verschiedenen Analytikern aufgestellten Formeln waren aber meist nur dazu geeignet, ein bestehendes Objektiv rechnerisch zu untersuchen, nicht aber ein Objektiv selbst zu berechnen, wenn nur die optischen Konstanten der Gläser und die Bedingungen bekannt waren, denen das herzustellende Objektiv genügen sollte[1]). Und doch ist gerade die Berechnung der Objektive unter diesen Bedingungen die Aufgabe des praktischen Optikers.

Die praktischen Optiker haben sich deshalb immer wieder der Methode der trigonometrischen Strahlenverfolgung zugewandt, weil ihnen diese bei verhältnissmässig geringer Mühe sichere Resultate liefert und zugleich den grossen Vortheil bietet, dass man sich in ihrem Verlauf fortwährend über Nebendinge, wie Vereinigungsweiten der einzelnen Brechungen u. s. w. unterrichten kann.

Mögen nun diese Nebenumstände bei der Methode der trigonometrischen Strahlenverfolgung oft von grossem Werth sein, so wäre es nichtsdestoweniger das Ideal

[1]) So verlangen auch die von Seidel in den *Astronom. Nachr.* **35** *u.* **43** gegebenen Formeln eine ungeheure Rechenarbeit, wenn man mit ihrer Hülfe ein Objektiv berechnen will.

des praktischen Optikers, nicht zu komplizirte Formeln zu besitzen, mit deren Hülfe die richtigen Radien gefunden werden ohne jede weitere Versuchsrechnung. In dieser Beziehung scheint nun die Arbeit des Hrn. Charlier einen grossen Schritt vorwärts zu bedeuten, und meine Aufgabe soll es hier sein, diese Fortschritte an einigen Beispielen klarzulegen.

Um dies zu ermöglichen, wurden einige Objektive nach den Formeln des Hrn. Charlier berechnet und dann mit Hülfe der trigonometrischen Durchrechnung auf ihre Fehler untersucht. Bei *einem* Objektiv wurde diese Untersuchung auch auf das Bild eines seitlich von der Achse gelegenen Objektpunktes ausgedehnt. Die trigonometrische Durchrechnung wurde genau nach dem Vorbild der A. Steinheil'schen für das Königsberger Heliometerobjektiv[1]) ausgeführt, d. h. es wurden genau dieselben Strahlen rechnerisch verfolgt (vgl. Fig. 1, $^3/_4$ nat. Gr.), weil gerade der Vergleich mit diesem bekannten Objektiv das Verständniss aller Resultate sehr erleichterte. Es wurden also zunächst nach den Formeln des Hrn. Charlier die Radien eines Objektivs berechnet, welches nach der Voraussetzung 1 *m* Brennweite bei 66 *mm* Oeffnung haben und folgenden Bedingungen genügen sollte: Es muss für die optisch wirksamsten Strahlen achromatisirt sein, die sphärische Aberration muss für eine Farbe gehoben sein, das Bild eines seitlich von der optischen Achse gelegenen Sternes muss für dieselbe Farbe symmetrisch sein, und dem Objekt muss die Flintglaslinse zugekehrt sein. Die verwendeten Glasarten waren

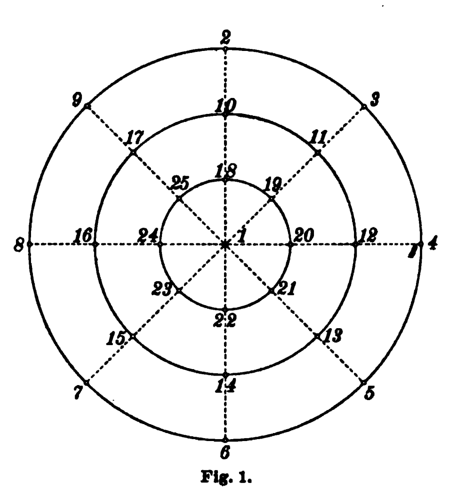


Fig. 1.

Mantois Flint 2986 $\begin{cases} n_{\text{gelb}} = 1{,}614\,400 \\ n_{\text{viol.}} = 1{,}649\,720 \end{cases}$

und

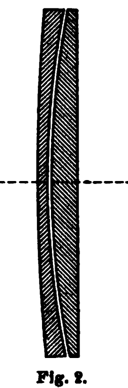
Mantois Crown 3099 $\begin{cases} n_{\text{gelb}} = 1{,}518\,564 \\ n_{\text{viol.}} = 1{,}538\,148. \end{cases}$

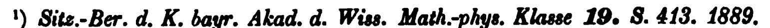
Es wurden folgende Radien gefunden[2]):

$$\left.\begin{array}{ll} R_0 = 420 & OZ \\ R_2 = 181{,}995 & OZ \end{array}\right\} \text{Flint}$$

$$\left.\begin{array}{ll} R_4 = 178{,}710 & OZ \\ R_6 = 40133{,}8 & UZ \end{array}\right\} \text{Crown.}$$

Da bei den Charlier'schen Formeln die Dicken der Linsen nicht berücksichtigt sind, wurden diese für die Ausführung nicht grösser gewählt, als absolut nothwendig war, d. h. das Crown bekam genau die der geforderten Grösse entsprechende Mitteldicke von 5 *mm*, das Flint eine solche von 2 *mm*, da eine noch kleinere Dicke bei der starken Krümmung der zweiten Fläche die praktische Ausführung sehr erschwert hätte. Der Abstand zwischen beiden Linsen wurde, auf der Achse gemessen, zu 0,01 *mm* angenommen, sodass das Objektiv (Fig. 2, $^2/_3$ nat. Gr.) folgende Elemente erhielt:


Fig. 2.



1) *Sitz.-Ber. d. K. bayr. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Klasse* **19.** *S. 413. 1889.*

2) Die Bezeichnungen sind gewählt wie bei Steinheil, *a. a. O.*

	$H_0 = 33$		
$D_1 = 2$	$R_0 = 420$	OZ	Mantois Flint 2986
$D_3 = 0,01$	$R_2 = 181,995$	OZ	
$D_5 = 5$	$R_4 = 178,710$	OZ	Mantois Crown 3099.
	$R_6 = 40138,8$	UZ	

Um die Fehler in einem parallel zur Achse auffallenden Büschel zu konstatiren, wurden 4 gelbe und 4 violette Strahlen gerechnet, die ganz nahe der Achse, am Rand, in ²/₃ und ¹/₃ Entfernung von der Achse auffallen. Dieselben hatten folgende Vereinigungsweiten und Brennweiten:

	Vereinigungsweiten		Brennweiten
		I. gelb	
Rand	992,466		997,500
²/₃ Rand	992,519		997,556
¹/₃ Rand	992,542		997,581
Achse	992,549		997,588
		II. violett	
Rand	992,701		997,828
²/₃ Rand	992,467		997,556
¹/₃ Rand	992,314		997,380
Achse	992,257		997,314.

Die Vernachlässigung der Dicken ergab demnach folgendes Resultat:

1. Das Objektiv hat nicht 1 *m* Brennweite, sondern nur 997 bis 998 *mm* Brennweite erhalten.

2. Der Farbenfehler ist für den Rand etwas zu stark überkorrigirt.

Der erste Fehler wäre entweder dadurch zu beseitigen, dass man sämmtliche Elemente des Objektives mit $^{1000}/_{998}$ multiplizirt und die so gefundenen Radien und Dicken ausführt, oder, dass man den letzten sehr langen Radius so wählt, dass die verlangte Brennweite herauskommt. Im ersten Falle würden die Fehler in ihrem Verhältniss gegeneinander sich gar nicht ändern, da nur eine Maassstabänderung eintritt, im zweiten Falle wäre die Veränderung der Fehler gegeneinander ganz minimal.

Um den unter 2. aufgeführten Fehler, die nicht ganz richtige Farbenlage, zu beseitigen, müsste man den 2., 3. und 4. Radius umändern.

Wir wollen über beide Fehler hinwegsehen, da sie doch verhältnissmässig klein sind, und wollen das Bild des Objektivs weiter untersuchen. Als deutlichste Einstellebene für die gelben Strahlen ergiebt sich

992,488.

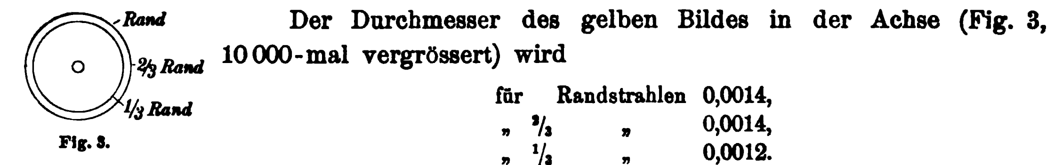


Fig. 3.

Der Durchmesser des gelben Bildes in der Achse (Fig. 3, 10 000-mal vergrössert) wird

für	Randstrahlen		0,0014,
„	²/₃	„	0,0014,
„	¹/₃	„	0,0012.

Die gelben Strahlen ausser der Achse[1]) in der Achsenebene ergaben folgende Schnitthöhen mit der Einstellebene über bezw. unter dem Schnittpunkt des Hauptstrahls:

OR	(2)	13,916	— 0,013
O ²/₃ *R*	(10)	13,922	— 0,007
O ¹/₃ *R*	(18)	13,926	— 0,003

[1]) eines 48′ von der Achse entfernten Objektpunktes.

H. Str.	(1)	13,929	
$U\,^{1}/_{3}\,R$	(22)	13,932	+ 0,003
$U\,^{2}/_{3}\,R$	(14)	13,936	+ 0,007
UR	(6)	13,941	+ 0,012.

Die Durchschnittspunkte der Strahlen ausser der Achsenebene hatten zu dem des Hauptstrahls folgende Lagen:

	a) beim Randkranz		
Strahl	3 — 0,009	links	0,005
„	9 — 0,009	rechts	0,005
„	4 — 0,002	links	0,003
„	8 — 0,002	rechts	0,003
„	5 + 0,010	links	0,006
„	7 + 0,010	rechts	0,006
	b) beim $^{2}/_{3}$ Randkranz		
Strahl	11 — 0,005	links	0,002
„	17 — 0,005	rechts	0,002
„	12 — 0,001	links	0,001
„	16 — 0,001	rechts	0,001
„	13 + 0,004	links	0,002
„	15 + 0,004	rechts	0,002
	c) beim $^{1}/_{3}$ Randkranz		
Strahl	19 — 0,002	links	0,001
„	25 — 0,002	rechts	0,001
„	20 ± 0,000	links	0,001
„	24 ± 0,000	rechts	0,001
„	21 + 0,001	links	0,000
„	23 + 0,001	rechts	0,000.

Fig. 4 zeigt das so gefundene Bild des seitlichen Objektpunktes in etwa 3000-maliger Vergrösserung. Die drei Strahlenkränze bilden in diesem Bild keine Ellipsen, wie es die Theorie erfordern würde. Hätte man sich mit dieser Berechnung zufrieden gegeben, so wäre das Urtheil für die Theorie des Hrn. Charlier nicht günstig ausgefallen und man hätte den Schluss ziehen müssen, dass andere von Charlier nicht berücksichtigte Einflüsse das Zustandekommen des richtigen Bildes verhinderten. Genauere Ueberlegung liess es aber als wahrscheinlich erscheinen, dass nur die Ungenauigkeit der logarithmischen Rechnung die Unregelmässigkeit der Figur veranlasse. Es war nämlich siebenstellig gerechnet und bei den Winkeln nur $^{1}/_{100}$ Sekunde aufgeschlagen worden. Es wurde deshalb die ganze Rechnung für den seitlich gelegenen Objektpunkt nochmals durchgeführt bei siebenstelliger Rechnung unter Berücksichtigung der tausendstel Sekunden. Die jetzt erhaltenen Resultate waren die folgenden:

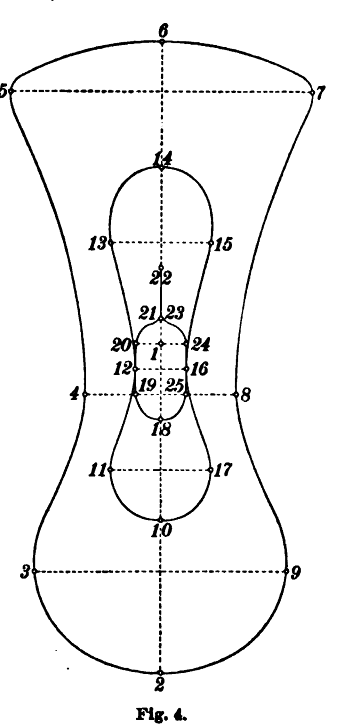


Fig. 4.

OR	(2)	13,916	— 0,013
$O\,^{2}/_{3}\,R$	(10)	13,922	— 0,007
$O\,^{1}/_{3}\,R$	(18)	13,926	— 0,003
H. Str.	(1)	13,929	
$U\,^{1}/_{3}\,R$	(22)	13,932	+ 0,003
$U\,^{2}/_{3}\,R$	(14)	13,936	+ 0,007
UR	(6)	13,941	+ 0,012.

Strahl	3 — 0,009	links	0,005
„	9 — 0,009	rechts	0,005
„	4 ± 0,000	links	0,007
„	8 ± 0,000	rechts	0,007
„	5 + 0,009	links	0,005
„	7 + 0,009	rechts	0,005
Strahl	11 — 0,005	links	0,002
„	17 — 0,005	rechts	0,002
„	12 ± 0,000	links	0,003
„	16 ± 0,000	rechts	0,003
„	13 + 0,005	links	0,002
„	15 + 0,005	rechts	0,002
Strahl	19 — 0,002	links	0,001
„	25 — 0,002	rechts	0,001
„	20 ± 0,000	links	0,001
„	24 ± 0,000	rechts	0,001
„	21 + 0,002	links	0,001
„	23 + 0,002	rechts	0,001.

Wie man sieht, ist Fig. 5 fast ganz regelmässig, nur die Lage der Strahlen 20 und 24 zeigt noch eine kleine Anomalie; doch ist diese sicher nur auf eine noch vorhandene Unsicherheit in der Rechnung zurückzuführen.

Nach der theoretischen Voraussetzung ist die Symmetriebedingung, d. i. diejenige Bedingung, welche die symmetrische Form des Bildes eines seitlich der Achse gelegenen Objektpunktes bewirkt, nur für eine Farbe gehoben, in Wirklichkeit aber wird ein solches Bild aus der Uebereinanderlagerung sämmtlicher Bilder entstehen, welche den verschiedenen Farben des Sonnenspektrums entsprechen. Aus diesem Grund schien es interessant, auch das violette Bild eines seitlich der optischen Achse gelegenen Sternes in ganz analoger Weise zu konstruiren.

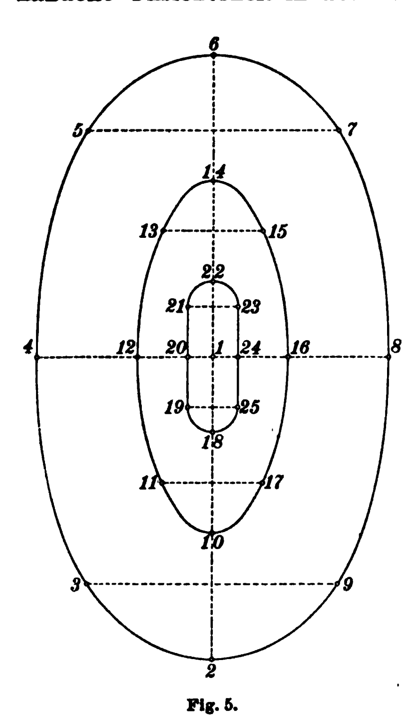


Fig. 5.

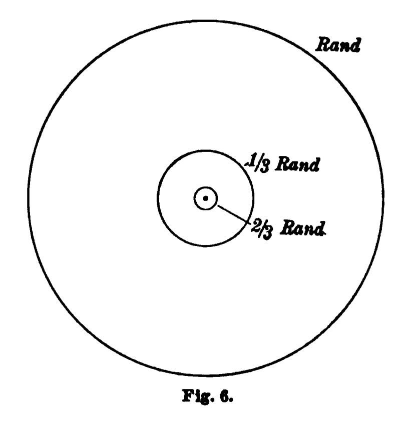


Fig. 6.

Die Resultate der durchgeführten Rechnungen sind die folgenden:

Der Durchmesser des violetten Bildes (Fig. 6, 3000-mal vergrössert) in der Achse ist

für	Randstrahlen		0,014
„	²/₃	„	0,001
„	¹/₃	„	0,004

O R	(2)	13,927	— 0,002
O $^2/_3$ *R*	(10)	13,922	— 0,007
O $^1/_3$ *R*	(18)	13,923	— 0,006
H. Str.	(1)	13,929	
U $^1/_3$ *R*	(22)	13,936	+ 0,006
U $^2/_3$ *R*	(14)	13,939	+ 0,010
U R	(6)	13,937	+ 0,008.

Strahl	3 — 0,002	rechts	0,002
„	9 — 0,002	links	0,002
„	4 + 0,001	rechts	0,001
„	8 + 0,001	links	0,001
„	5 + 0,006	links	$0,000_4$
„	7 + 0,006	rechts	$0,000_4$
Strahl	11 — 0,005	links	0,003
„	17 — 0,005	rechts	0,003
„	12 ± 0,000	links	0,004
„	16 ± 0,000	rechts	0,004
„	13 + 0,007	links	0,004
„	15 + 0,007	rechts	0,004
Strahl	19 — 0,004	links	0,003
„	25 — 0,004	rechts	0,003
„	20 ± 0,000	links	0,004
„	24 ± 0,000	rechts	0,004
„	21 + 0,004	links	0,003
„	23 + 0,004	rechts	0,003.

Fig. 7 zeigt die eben aufgeführten Resultate wieder in etwa 3000-maliger Vergrösserung; das Bild ist kein regelmässiges, denn wenn der Strahlenkranz in $^2/_3$ und derjenige in $^1/_3$ der Höhe auch annähernd Ellipsen bilden, so zeigt doch der Randkranz sogar eine Kurve mit Doppelpunkt. Es besteht jedoch kein Grund, diese Unregelmässigkeiten auf die Ungenauigkeit der logarithmischen Rechnung zu schieben, da mit derselben Stellenzahl gerechnet wurde, wie bei dem gelben Bilde. Dass gerade das Bild des Randkranzes so stark von der Ellipse abweicht, scheint auf die gleich im Anfang erwähnte zu starke chromatische Ueberkorrektur der Randzone zurückzuführen zu sein. Im Ganzen aber weicht auch das violette Bild des seitlich von der optischen Achse gelegenen Objektpunktes weit weniger von der symmetrischen Form ab, als das gelbe Bild beim unkorrigirten Heliometerobjektiv[1]).

Fig. 7.

A. Steinheil's Untersuchungen am Königsberger Heliometerobjektiv haben zur Genüge gezeigt, wie kleine Fehler eine unsymmetrische Lichtvertheilung im Bilde herbeiführen, und aus dieser Arbeit geht hervor, dass auch bei richtiger Form des Objektives nur durch ganz genaue und sorgfältige Rechnung die wirkliche Vertheilung des Lichtes im Bilde gefunden werden kann. Wenn nun die mit Hülfe der Formeln des Hrn. Charlier gefundenen Radien ein Objektiv liefern, welches ein derartiges symmetrisches Bild giebt, so kann die im Anfang dieser Zeilen aufgestellte Behauptung: „Die Arbeit des Hrn. Charlier bedeute einen Schritt vorwärts“ wohl als be-

[1]) Vgl. Steinheil, *a. a. O.*, Tafel IV u. V.

rechtigt erscheinen. Denn wenn wir auch gesehen haben, dass wegen der Vernachlässigung der Dicken die gefundenen Radien nicht als die absolut richtigen anzusehen sind, so können sie doch dem praktischen Optiker als erste Annäherung für weitere trigonometrische Rechnung dienen, ja sie werden in vielen Fällen gleich ausgeführt werden können.

Zum Schlusse sei noch die zweite mögliche Form für ein zweilinsiges Objektiv erwähnt, welches allen oben aufgeführten Bedingungen genügt, weil sich dabei recht klar zeigt, wie sehr der Einfluss der Dicken mit den Formen der Linsen wechselt. Die Formeln von Charlier ergeben für diese zweite Form folgende Radien (Fig. 8, $^2/_3$ nat. Gr.):

Fig. 8.

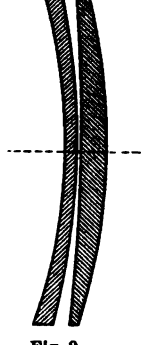


Fig. 9.

$$R_0 = 123{,}27 \quad UZ$$
$$R_2 = 200{,}16 \quad UZ$$
$$R_4 = 882{,}186 \quad UZ$$
$$R_6 = 148{,}06 \quad UZ,$$

während bei Einführung der Dicken 2, 0,01 und 5 nach richtiger Korrektur die Radien folgende Werthe annehmen (Fig. 9, $^2/_3$ nat. Gr.):

$$R_0 = 105 \quad UZ$$
$$R_2 = 162{,}6 \quad UZ$$
$$R_4 = 450 \quad UZ$$
$$R_6 = 125{,}49 \quad UZ.$$

Während also die Vernachlässigung der Dicken bei der Form mit der erhabenen Fläche voraus gar keine nachherige Korrektur wegen der Dicken erfordert, muss diese bei der zweiten Form mit vorausstehender Hohlfläche ziemlich bedeutend werden.

Referate.

Apparat zur Ausmessung von Sternphotographien.

Engineering ***63.*** *S. 487. 1897.*

Bei dem auf der Sternwarte des *Harvard College* in Cambridge, U. S. A., benutzten Apparat zur Ausmessung von Sternphotographien wird die Lage der Sterne auf rechtwinklige Koordinaten bezogen. Die photographische Platte wird in einen Rahmen gelegt, dem man eine Neigung geben kann, wie sie einem für die Ausmessung am bequemsten erscheint. Um die Platte genau in die richtige Entfernung vom Objektiv des zur Ausmessung dienenden Mikroskops zu bringen, lässt sich der Rahmen durch vier in seinen Eckpunkten befindliche Schrauben dem Mikroskop nähern oder von ihm entfernen. Durch eine sehr exakte Schraube, deren Trommel in 1000 Theile getheilt ist und durch ein Mikroskop abgelesen werden kann, lässt sich der Rahmen nach rechts und links, sowie nach oben und unten verschieben. Die Okulare der drei Mikroskope liegen nahe nebeneinander, sodass sie von der vor der Platte sitzenden Person bequem benutzt werden können. *Kn.*

Ueber die physikalischen Eigenschaften von Nickel-Stahl-Legirungen.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Compt. rend.* ***124.*** *S. 1515 u.* ***125.*** *S. 235. 1897.*

Guillaume hat seine Untersuchungen über die Eigenschaften der Nickel-Stahl-Legirungen (vgl. *diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 155. 1897*) nach verschiedenen Richtungen hin fortgesetzt.

Zunächst wurde die Abhängigkeit des magnetischen Verhaltens von der Temperatur untersucht, um den Zusammenhang desselben mit den übrigen Eigenschaften der Legirungen

klarzustellen. Die Versuchsanordnung zu diesem Zweck war sehr einfach. Auf dem einen Pol eines Elektromagneten war ein mit Oel gefülltes, temperirbares Messinggefäss aufgestellt, in welches die an einem hölzernen Waagebalken aufgehängten Probebarren von rund 90 *mm* Länge und 23 *mm* Querschnittseite hineinragten. Dabei betrug die Entfernung der Probestücke vom Polschuh etwa 2 *mm*. Die bei verschiedenen Temperaturen nöthige Kraft zum Losreissen der Stücke vom Pol wurde durch Belastung des Waagebalkens festgestellt. Es ergaben sich Erscheinungen fast ganz analog denjenigen, welche bereits von J. Hopkinson (vgl. *diese Zeitschr. 11. S. 342. 1891*) festgestellt worden sind. Die untersuchten Legirungen liessen sich hinsichtlich ihres magnetischen Verhaltens deutlich in zwei Gruppen trennen, in irreversibele und reversibele. Zur ersten Gruppe gehören die Legirungen bis zu 25 % Nickelgehalt, zur zweiten diejenigen von mehr als 25 %. Die ersteren sind eines starken Magnetismus fähig und verlieren ihn bei der Erwärmung allmählich zwischen Dunkelrothgluth und Kirschrothgluth. Bei der Rückkehr auf die Ausgangstemperatur bleiben sie zunächst unmagnetisch und gewinnen ihren Magnetismus erst bei tiefen Temperaturen wieder, und zwar ist diese Temperatur um so tiefer, je höher der Nickelgehalt der Legirung ist, dergestalt, dass bei ungefähr 25 % Nickelgehalt eine Abkühlung unter Null Grad nöthig ist. Die reversibelen Legirungen verlieren ihren Magnetismus bei ansteigender Temperatur, um ihn bei fallender Temperatur ebenso wiederzugewinnen. Im Allgemeinen nimmt ihr Magnetismus bei der Erwärmung bis zu einer bestimmten Temperatur sehr langsam ab, bei weiterer Steigerung um etwa 50° C. folgt dann eine sehr rasche Abnahme. Die kritische Temperatur für das Aufhören des Magnetismus steigt mit dem Nickelgehalt.

Für die Metrologie besonders wichtig sind genauere Mittheilungen über die dauernden Nachwirkungserscheinungen der neuen Legirungen. Hier lassen sich dieselben zwei Gruppen unterscheiden wie beim magnetischen Verhalten. Die erste Gruppe erfährt durch Erwärmung eine Zuammenziehung, die zweite aber eine Verlängerung von ähnlicher Gesetzmässigkeit wie bei den Nullpunktsänderungen der Thermometer. Die Nachwirkungserscheinungen der zweiten Gruppe sind um so grösser und schneller verlaufend, je näher die der Legirung mitgetheilte Temperatur der kritischen Temperatur für das Aufhören der Magnetismus liegt. Bei der Legirung mit etwa 36 % *Ni*, welche durch den niedrigen Wärmeausdehnungskoëffizienten für metrologische Zwecke besonders geeignet erscheint, verlaufen die Nachwirkungserscheinungen etwa folgendermaassen. Eine dauernde Erwärmung auf 100° bringt eine Verlängerung von 25 bis 30 μ pro Meter hervor; bei sinkender Temperatur dauern die Verlängerungen fort und erst nach einer viermonatlichen Ruhe bei Zimmertemperatur, während welcher noch eine Verlängerung von 2 bis 3 μ zu konstatiren war, scheint ein definitiver Zustand einzutreten. Dieser bleibende Zustand kann natürlich durch eine künstliche Alterung, bestehend in etwa 100-stündigem Erhitzen auf 100° und nachfolgenden systematischen Erwärmungen auf allmählich niedriger werdende Temperaturen erreicht werden. Eine weitere Ruhe des Materiales von 2 bis 3 Monaten bei Zimmertemperatur wird ausserdem vom Verf. empfohlen. Ein erneutes Erwärmen auf höhere Temperaturen wird aber vermuthlich neue Nachwirkungserscheinungen auslösen. Bis die Gesetzmässigkeiten dieser Erscheinungen genau ermittelt sind, hält Guillaume bei der Verwendung der Legirungen zu metrologischen Zwecken Vorsicht für geboten.

Ferner hat Guillaume die reversibelen Legirungen daraufhin untersucht, ob ihre Ausdehnungskoëffizienten ähnliche Aenderungen als Funktion des magnetischen Zustandes zeigen, wie sie von Hopkinson für die irreversibelen Nickel-Eisen-Legirungen schon nachgewiesen worden sind. Es zeigte sich, dass die Ausdehnungskoëffizienten bis zu der oben erwähnten kritischen Temperatur für das Aufhören des Magnetismus keine wesentlichen Aenderungen erfahren. Von da ab werden sie rasch grösser, um oberhalb einer zweiten, höheren Temperatur wieder einen ziemlich konstanten Werth anzunehmen, welcher aber immer höher bleibt als der Ausdehnungskoëffizient für das Bereich unter der kritischen Temperatur. Bezüglich einiger Zahlenangaben sei auf das Original verwiesen.

Endlich wurde der spezifische Widerstand bestimmt. Derselbe war ziemlich hoch und

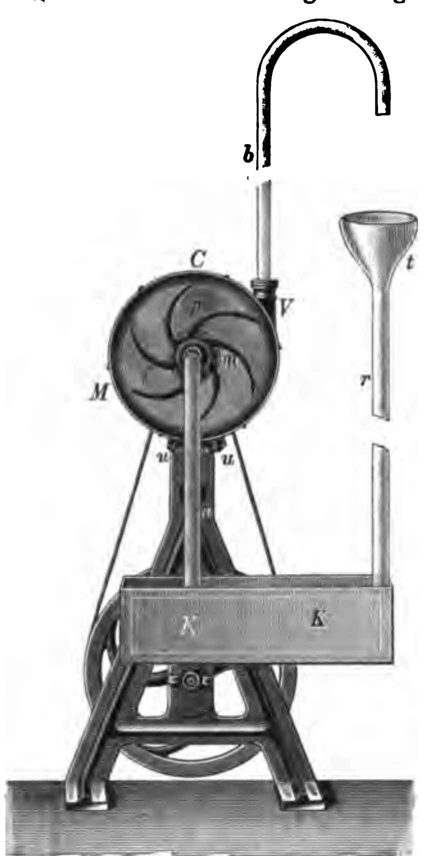
zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur, nicht aber, wie besonders bemerkenswerth ist, von den Aenderungen des Volumens oder des magnetischen Zustandes.

G.

Modell der Kreiselpumpe und des Kreiselgebläses.

Von Hans Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***10.*** *S. 125. 1897.*

Der gusseiserne Zylinder *C* trägt hinten einen Stopfbüchsenansatz, der zentrisch durchbohrt ist und oben ein kegelförmiges Schmierloch hat. Die durch jene Bohrung gesteckte Achse, die vorn sechs gekrümmte Flügel *f* trägt, ist in die aufrecht gestellte Schwungmaschine in der aus der Figur ersichtlichen Weise eingesteckt und festgeschraubt. Das Gehäuse *C* legt sich dabei mit den beiden angegossenen Backen *u u* an den einen Fuss der Schwungmaschine fest an. Es hat seitwärts den Ansatz *V*, in den das gläserne Steigrohr *b* eingeschraubt ist. Vorn ist *C* durch die am Rande dicht aufliegende starke Glasplatte *p* geschlossen, die durch den verschraubten Messingring *M* festgehalten wird. Die Platte ist in der Mitte durchbohrt und trägt dort, gut abgedichtet, ein messingenes Kniestück, in das das Saugrohr *a* eingesetzt ist. Der Wasserkasten *K* mit dem oben trichterförmig (*t*) erweiterten Auffangrohr *r* ist am Gestell der Schwungmaschine befestigt. Füllt man *K* und das Gehäuse *C* bis zur Mitte mit gefärbtem Wasser, so arbeitet der Apparat beim Drehen der Schwungmaschine als Kreiselpumpe. Werden das Saug- und Steigrohr entfernt und an dem Ansatz *V* ein zweimal rechtwinklig gebogener Draht mit Seidenfähnchen oder auch ein kleines exzentrisch eingestelltes Windrädchen zum Nachweis des austretenden Luftstroms befestigt, so zeigt der Apparat die Wirkung des Kreiselgebläses. Das Modell mit Zubehör kostet 40 M. und wird von dem Mechaniker J. Antusch in Reichenberg angefertigt.



H. H.-M.

Ein Temperaturregulator.

Von Gouy. *Journ. de phys.* (*3*) ***6.*** *S. 479. 1897.*

Als Heizquelle dient dem Verfasser bei der benutzten Anordnung eine Glühlampe, die in eine Messingröhre eingeschlossen in das Flüssigkeitsbad eingesenkt wird. Der Strom wird unter Zwischenschaltung eines Relais durch einen Regulator geschlossen und unterbrochen.

Der Regulator, welchen nebenstehende Figur darstellt, ist ein Alkohol-Quecksilberthermometer. Das vertikale Rohr, welches über die ganze Höhe des Temperaturbades reicht, ist mit Alkohol gefüllt; am unteren Theile befindet sich Quecksilber, welches auch gleichzeitig das enge aufsteigende Rohr (0,4 bis 0,5 *mm* Durchmesser) theilweise ausfüllt. Die Empfindlichkeit des Instrumentes ist derart gewählt, dass einer Temperaturänderung von 0°,001 eine Aenderung der Kuppenhöhe um 1,5 *mm* entspricht. Der Stromschluss des Relais, wodurch eine Ausschaltung der Heizlampe bewirkt wird, geschieht dann dadurch, dass das Quecksilber die beiden Kontaktdrähte *A* und *B* gleichzeitig berührt.

Um eine gute Ausbildung der Kuppe und damit eine grosse Empfindlichkeit des Apparates herbeizuführen, ist der obere, den Strom zuführende Eisendraht C beweglich angeordnet; ein besonderer vom Rührer des Temperaturbades bethätigter Mechanismus ertheilt nämlich dem Draht C eine vertikale oszillatorische Bewegung von konstanter Geschwindigkeit, deren Elongation etwa 1,5 *mm* und deren Periode 20 Sek. beträgt. Bei seiner abwärts gerichteten Bewegung berührt der Draht den Meniskus, drückt ihn eine gewisse Strecke abwärts und steigt dann mit ihm zusammen wieder nach oben, wobei er ihn etwa im Punkte B wieder verlässt. In diesem Augenblicke hat dann der Meniskus seine normale konvexe Form und übt einen konstanten Druck auf den Alkohol aus.

Die Zeit t, während welcher der Stromkreis des Regulators in einer Periode geschlossen ist, variirt zwischen 0 und 20 Sekunden, je nach der Lage von B, die wiederum nur von der Temperatur des Regulators abhängt.

Das Reservoir des Regulators erhält zweckmässig eine möglichst grosse Oberfläche; am besten benutzt man ein Bündel paralleler Röhren oder eine Schlange. In der zuletzt angewendeten Form hatte der Regulator folgende Abmessungen:

Zahl der Schlangenwindungen	19
Innerer Durchmesser des Schlangenrohres	8 *mm*
Abgewickelte Länge	4,5 *m*
Volumen	225 *ccm*
Durchmesser der aufsteigenden Kapillare	0,45 *mm*
Standänderung der Kuppe für 0°,001.	1,5 *mm*

Schl.

Das „dunkele Licht" und die Durchlässigkeit des Ebonits für Licht.

Von Perrigot. *Compt. rend.* **124.** *S. 857 u. 1087. 1897.*

Erklärung einiger Versuche von G. Le Bon.

Von H. Becquerel. *Compt. rend.* **124.** *S. 984. 1897.*

Als im vergangenen Jahre die gesammte wissenschaftliche Welt unter dem Eindrucke der Entdeckung Röntgen's stand und dieselbe durch neue Experimente nach den verschiedensten Richtungen hin zu erweitern und zu klären strebte, machte G. Le Bon folgenden interessanten Versuch: Er bedeckte eine vorher schwach belichtete photographische Platte mit einer etwa $1/2$ *mm* dicken Ebonitplatte, legte auf die letztere mehrere Buchstaben aus Blech und belichtete das Ganze drei Stunden lang mit diffusem Licht; dann zeigten sich nach der Entwickelung der Platte dunkele Bilder der Buchstaben auf grauem Grunde. Die von Le Bon hierfür gegebene Erklärung lag damals nahe genug: „Ebenso, wie die Kathodenstrahlen in der Wand der von ihnen getroffenen Röntgen'schen Röhre die alles durchdringenden, photographisch ungemein wirksamen Röntgen-Strahlen hervorrufen, so werden auch die auf die Metallplättchen fallenden Strahlen gewöhnlichen weissen Lichtes in eine besondere Lichtart, das „dunkele Licht", transformirt, welches das sonst lichtundurchlässige Ebonit zu durchdringen und auf die photographische Schicht zu wirken vermag." Auch in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 93. 1896* wurde damals über diese Versuche und die von Le Bon gegebene Erklärung derselben kurz berichtet.

Inzwischen wurden die interessanten Versuche von Perrigot und von Becquerel wiederholt und variirt, und es scheint sich dabei mit ziemlicher Sicherheit herausgestellt zu haben, dass Le Bon's Erklärung auf einem Irrthum beruht, der hauptsächlich auf seine Annahme zurückzuführen ist, dass eine Ebonitplatte von 0,5 *mm* Durchmesser für gewöhnliches Licht absolut undurchlässig sei. Als nämlich Perrigot statt einer vorher schwach belichteten eine noch völlig unveränderte photographische Platte einführte, hoben sich nach der Entwickelung die Metallbuchstaben umgekehrt hell von einem dunkelen Grunde ab. Dieser scheinbare Widerspruch der Resultate lässt sich nun nach Perrigot in ungezwungener Weise auf Grund folgender Thatsachen erklären: Belichtet man mehrere ganz identische Bromsilber-Gelatine-Platten verschieden lange, so zeigt sich nach der Entwickelung, dass die

Reduktion des Bromsilbers anfänglich ungemein rasch mit der Expositionsdauer zunimmt, ein Maximum erreicht, um sodann wieder abzunehmen bis zu einer Grenze, über welche hinaus keine Veränderung mehr eintritt, wie lange man auch die Belichtung fortsetzen mag. Die Anwendung auf den vorliegenden Fall ergiebt sich nun leicht: Die vorher belichtete Platte würde nach der Entwickelung eine gewisse dunkele Färbung besitzen. Setzt man sie statt dessen, wie Le Bon es that, von Neuem diffusem Lichte aus, so lassen die über dem Ebonit liegenden Metallbuchstaben kein Licht mehr durchdringen, wohl aber das Ebonit selbst; an den hierunter befindlichen Stellen wird also mit der Zeit das Maximum der Reduktion überschritten, es tritt eine sogenannte *Umkehrung* ein und die Dunkelheit der Platte wird hier geringer als an den vom Metall bedeckten Stellen, sodass nunmehr thatsächlich die Buchstaben sich dunkel vom helleren Grunde abheben.

Ganz besonders beweiskräftig für diese Erklärung ist folgender Versuch Perrigot's: Lässt man die Metallplättchen ganz weg und verdickt statt dessen die Ebonitplatte an einer Stelle, vermindert dagegen die Dicke an einer anderen Stelle, so heben sich bei einer vorher belichteten Platte die Bilder der dünneren Stellen hell, die der dicken Stellen dunkel von einem Grunde mittlerer Dunkelheit ab; bei einer vorher *nicht* belichteten Platte dagegen tritt genau das Entgegengesetzte ein.

Den Einfluss, den die vorangegangene Belichtung der Platte auf die Erscheinung ausübt, erörtert Becquerel noch in einfacher Weise folgendermaassen: Er weist nämlich nach, dass es hauptsächlich die im Sonnenlicht enthaltenen *rothen* Strahlen sind, welche das Ebonit mit grosser Leichtigkeit zu durchsetzen vermögen. Nun hatte schon Becquerel's Vater im Jahre 1840 gezeigt, dass eine für gelbes und rothes Licht unempfindliche Platte empfindlich wird, wenn sie kurze Zeit dem weissen Licht ausgesetzt war; die rothen und infrarothen Strahlen setzen also dann die vorher von den blauen und violetten Strahlen begonnene chemische Wirkung fort. Bei den Versuchen von Le Bon waren die unter dem Metall liegenden Theile vor der Wirkung der rothen Strahlen geschützt, welche von der Ebonitplatte durchgelassen werden. An den ungeschützten Stellen wird also die bekannte, und von Perrigot zur Erklärung herangezogene Thatsache der *Umkehrung* der photographischen Wirkung eintreten können, falls die Platte vorher belichtet war, sonst nicht.

Es ist somit nicht nöthig, zur Erklärung der von Le Bon beobachteten Erscheinung eine neue Lichtart, das „*dunkele Licht*“, anzunehmen, es reichen hierzu vielmehr die seit langer Zeit bekannten Wirkungen der rothen Lichtstrahlen vollständig aus. *Glch.*

Eine neue Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit.

Von M. Hurmuzescu. *Ann. de chim. et de phys. (7) 10. S. 433. 1897.*

Durch die Begründung des elektrostatischen und elektromagnetischen Maasssystems war auch die Bestimmung der Verhältnisszahl beider Systeme, die die Dimension einer Geschwindigkeit hat, gegeben. Eine Messung dieser „kritischen Geschwindigkeit“ ist nach mannigfachen Methoden von einer grossen Zahl von Physikern ausgeführt worden. Eine ausführliche Literaturangabe über diese Arbeiten findet sich in der Einleitung der umfangreichen Abhandlung von Hurmuzescu, die eine neue, möglichst genaue Messung der Grösse v nach einer von Maxwell angegebenen Methode zum Gegenstand hat.

Maxwell befestigte an den Platten eines absoluten Thomson'schen Elektrometers je eine Spule, deren Windungsflächen den Kondensatorplatten parallel liegen. Durch die hintereinander geschalteten Spulen wird dann ein Strom von solcher Stärke und Richtung geschickt, dass die elektrodynamische Abstossung der Spulen gleich ist der elektrostatischen Anziehung der auf entgegengesetzt gleiche Potentiale geladenen Kondensatorplatten.

Der Nachtheil der Maxwell'schen Anordnung besteht darin, dass die wirksamen Kräfte sich mit dem Abstande der Platten und Spulen von einander ändern, und zwar für die Spulen nach einem anderen Gesetz als für die Platten, sodass das Gleichgewicht nicht stabil sein kann. Um diese Unvollkommenheit zu beseitigen, befestigt Hurmuzescu an

den Enden des horizontalen Waagebalkens einer Torsionswaage je einen Zylinder eines Zylinderkondensators und im Drehpunkt des Balkens eine kurze Rolle, die im Innern einer langen festen Rolle schwebt, sodass die Achsen dieser beiden das Elektrodynamometer bildenden Rollen auf einander senkrecht stehen.

Von dem Torsionsdraht muss verlangt werden, dass jede elastische Nachwirkung beseitigt ist, da während der Beobachtungen sich der Nullpunkt nicht verschieben darf. Um sich einen solchen Draht herzustellen, befestigt Hurmuzescu den Draht an einem in den Wänden des Beobachtungsraumes eingelassenen gusseisernen Doppelträger, umgiebt ihn der ganzen Länge nach mit zwei konzentrischen Röhren, zwischen denen ein Wasserstrom geleitet wird, um eine konstante Temperatur zu erzielen. Das untere Ende trägt ein kleines Gewicht, das freihängend in Quecksilber taucht. Es wird nun ein langsam ansteigender Strom durch den Draht geleitet, bis letzterer in schwache Rothgluth geräth; dabei kann er vermöge der Art der Aufhängung vollständig frei sich ausdehnen und detordiren. Lässt man ihn nun langsam erkalten und belastet ihn, um ihn ein wenig zu härten, einige Zeit mit einem Gewicht, das er gerade noch tragen kann, ohne zu zerreissen, so erhält man einen Torsionsdraht, der monatelang seine Nulllage nicht ändert. Von den auf diese Weise untersuchten Materialien — Kupfer, Phosphorbronze und Silber — gaben Silberdrähte die besten Resultate. Die endgültigen Versuche wurden mit einem derartigen, vorher untersuchten Silberdraht ausgeführt.

Jedes der Elektrometer, die an den beiden Enden des Waagebalkens angebracht sind, besteht aus einem Aluminiumzylinder als beweglichem System und zwei Halbzylindern aus Messing als festem System, die von beiden Seiten her mantelförmig über den Aluminiumzylinder geschoben sind.

Um beide Zylinder so zu justiren, dass sie eine gemeinsame Achse besitzen, sind in die Mittelpunkte der Endflächen des Aluminiumzylinders kleine kreisrunde Löcher gebohrt; ebenso können in die Messingzylinder genau passende Ebonitscheiben eingeschoben werden, die ebenfalls in ihrer Mitte mit einem kleinen Loch versehen sind. Durch einen Lichtstrahl kann dann die Koïnzidenz der Achsen geprüft werden. Die Ausmessung des äusseren Durchmessers des Aluminiumzylinders und des inneren des Messingzylinders wurde mit einem Kathetometer ausgeführt.

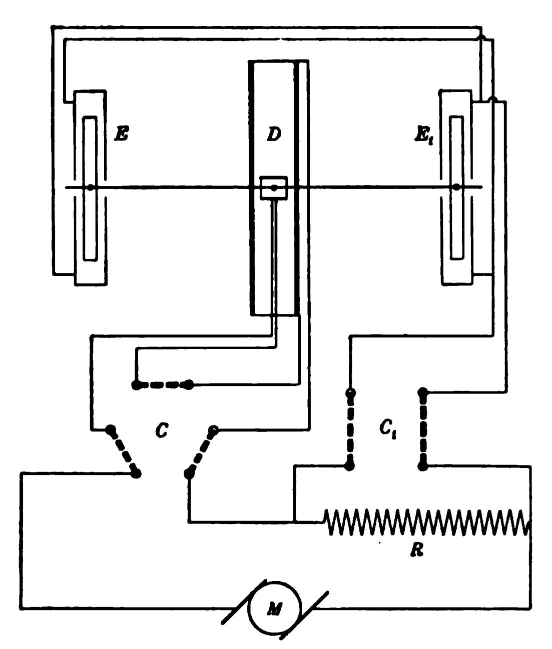
Der Aluminiumzylinder war am Hebelarm folgendermaassen befestigt. Auf dem Hebelarm, der aus einem etwa 1 *cm* dicken und 78 *cm* langen Aluminiumrohr bestand, war eine Hülse verschiebbar, in die rechtwinklig ein 10 *cm* langes Rohr eingeschraubt war. In dieses Rohr passte genau ein Stift, der eine zweite Hülse zur Aufnahme des Aluminiumzylinders trug. Auf diese Weise konnte der Zylinder leicht senkrecht zum Hebelarm eingestellt werden und die Länge des Armes beliebig regulirt werden. Eine exakte Messung der Länge des Armes ist auf diese Weise nicht möglich; es wurde deshalb bei verschiedener Länge der Hebelarme beobachtet und nur die genau bestimmbare Differenz der Hebelarme für die Berechnung benutzt.

Die feste Spule des Elektrodynamometers ist 56,5 *cm* lang und hat einen Durchmesser von 12,3 *cm*. Sie besteht aus einem Hohlzylinder aus Messing, in den ein Schraubengewinde von geringer Tiefe eingeschnitten ist. Nachdem der Zylinder mehrfach mit einer alkoholischen Lösung von Gummilack bestrichen und der Lack gut getrocknet war, wurde er mit einem durch gummigetränkte Seide isolirten Kupferdraht bewickelt. Die Ausmessungen wurden mit dem Kathetometer ausgeführt. Die bewegliche Spule, die im Innern der festen Spule schwebt, wird durch einen zweimal rechtwinklig gebogenen Hebelarm aus Aluminium getragen, um den auch die Zuleitungsdrähte geschlungen sind, die einerseits mit dem Aufhängedraht, andererseits mit einem Quecksilbernapf verbunden werden. Die bewegliche Spule war 6 *cm* lang, hatte einen Durchmesser von 8 *cm* und hatte 4 Lagen 0,4 *mm* starken Kupferdrahtes.

Um die Windungsfläche der beweglichen Spule zu bestimmen, wurde sie in einem zentrischen Loch einer aus zwei Brettern aus getrocknetem Buchenholz zusammengeleimten

kreisförmigen Scheibe befestigt. In den Rand dieser Scheibe, deren Durchmesser 23,3 *cm* betrug, waren 95 Drahtwindungen eingelegt. Sie war an dem Torsionsdraht so aufgehängt, dass ihre Normale zum magnetischen Meridian senkrecht stand. Es wurden nun Ströme durch die Spule und die Kreiswindung von solcher Richtung und Stärke geschickt, dass das ganze System in Ruhe blieb. Diese Methode der Bestimmung einer Windungsfläche ist nicht neu, sondern bereits von Himstedt ausgeführt worden (*Wied. Ann. 18. S. 433. 1883*).

Der für die Messungen nothwendige Widerstandssatz war aus Neusilber angefertigt Es ist eigenthümlich, dass man sich im Auslande noch so oft die Vorzüge, die das Manganin als Widerstandsmaterial bietet, entgehen lässt. Trotz aller Hülfsmittel, die Hurmuzescu anwendet, und auf die nicht weiter eingegangen werden soll, kann die Widerstandsmessung auf diesem Wege nicht den Grad von Genauigkeit erreichen, die bei Verwendung moderner Manganinwiderstände auf viel einfachere Weise erreichbar ist.



Der Kommutator bestand aus drei über einander gelegten Ebonitscheiben, auf denen in zwei konzentrischen Kreisen die Kontaktklötze angeordnet waren. Ein drehbares Ebonitkreuz bewirkte mit jedem Arm die Verbindung zweier auf einem Radius liegender Klötze. Der eine Arm des Kreuzes bediente nur das Elektrometer, der andere nur das Elektrodynamometer. Die nothwendigen Verbindungen zwischen den Klötzen waren durch Drähte hergestellt, die in Rinnen im Ebonit geführt waren; um ihre Lage zu sichern, waren die Rinnen mit Paraffin ausgegossen.

Als elektromotorische Kraft wurde eine besondere Dynamomaschine benutzt. Die Maschine besass vier Ringe, die auf derselben Welle sassen. Jeder Ring ist mit 160 Abtheilungen von je 66 Windungen bewickelt und kann eine Maximalspannung von 1000 *Volt* liefern, sodass die höchst erreichbare Spannung 4000 *Volt* beträgt.

Die Schaltung der einzelnen Theile war folgende. In den Stromkreis der Dynamomaschine M waren ausser einem Regulirwiderstande ein Widerstand R (vgl. die Fig.) und hintereinander die feste und bewegliche Spule D geschaltet. Die Enden des Widerstandes R wurden an die Elektrometer E und E_1 derartig gelegt, dass sich bei jedem Elektrometer der bewegliche Zylinder und der eine feste Halbzylinder auf dem einen Potential, der andere Halbzylinder auf dem anderen Potential befand. Der bewegliche Zylinder wurde dadurch auf das gewünschte Potential gebracht, dass er mit dem Aufhängedraht, der auch zur Stromzuführung für die bewegliche Rolle des Elektrodynamometers diente, metallisch verbunden war. Dabei wurden die Elektrometer derartig geladen, dass die auftretenden Kräfte eine Ablenkung in demselben Sinne hervorriefen. Unsymmetrien wurden durch geeigneten Gebrauch der Kommutatoren C und C_1 unschädlich gemacht; war die Einrichtung für einen bestimmten Hebelarm L justirt, so kann das bewegliche System durch Regulirung des Widerstandes R zur Ruhe gebracht werden. Die kritische Geschwindigkeit berechnet sich dann nach der Formel $v = \alpha R \sqrt{L}$, wo die Konstante α aus den Abmessungen des Apparates gefunden wurde.

Thatsächlich wurden die Beobachtungen für vier verschiedene Längen des Hebelarmes L ausgeführt und, wie bereits erwähnt, nur die Differenzen der Hebelarme für die Rechnung verwandt.

Aus einer sehr grossen Zahl von Beobachtungen wird für *v* der Werth $3{,}001 \cdot 10^{10}$ *cm* abgeleitet, den Hurmuzescu bis auf $^1/_{1000}$ für richtig hält; diese Zahl weicht um weniger als $^1/_{1000}$ von dem wahrscheinlichsten Werth für die Lichtgeschwindigkeit ($2{,}998 \cdot 10^{10}$ *cm*) ab.

E. O.

Kurzes Peil- und Kartirungsverfahren unter Benutzung eines Messtisches.

Von M. Musset. *Centralbl. d. Bauverwalt. 1897. S. 16.*

Verf. beschreibt ein bei Messungen in der Unterelbe befolgtes Messungsverfahren, das hier besonders mit Rücksicht auf die Messtisch-Einrichtungen angezeigt wird. Ein kleiner Dampfer durchfuhr die durch Doppelmarken an den Ufern bezeichneten Profillinien, die auf dem Messtischblatt eingetragen waren. Auf dem Messtisch auf einem der Uferstandpunkte hatte der Beobachter als Zielmittel ein um den Standpunkt drehbares Diopterlineal; er verfolgte damit den Schornstein des kleinen Dampfers, der jede Lothungsstelle durch einen Pfiff anzeigte, und hatte nun nur jedesmal die Federnadel an der Linealkante niederzudrücken und den Punkt einzuringen, wobei durch besondere Signale nach einer runden Zahl (5) von aufgenommenen Punkten die Identität der Punkt-Nummern kontrolirt wurde. 22 Querprofile sind von 6 Messtischstandorten aus aufgenommen worden; die Aufnahme eines Profils dauerte kaum länger, als der Dampfer Zeit nöthig hatte, um die Profillinie langsam zu durchfahren. Das um einen festen Punkt drehbare Diopterlineal mit Nadel ist der gewöhnlichen Kippregel vorgezogen worden, weil es mit jenem leichter ist, der langsamen Bewegung des Schiffes stets genügend zu folgen; an Winkelmessvorrichtungen würde man ohnehin den schnell auf einander gegebenen Zeichen des Dampfers mit der Ablesung nicht haben folgen können. Sehr einfach ist auch die Konstruktion der Querschnitte und der Tiefenlinien ohne Benutzung von Zirkel und Lineal durchgeführt. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

M. von Rohr, Zur Geschichte und Theorie des photographischen Teleobjektivs mit besonderer Berücksichtigung der durch die Art seiner Strahlenbegrenzung bedingten Perspektive. 8°. IV, 41 S. mit 7 Fig. Weimar, K. Schwier 1897.

Das Teleobjektiv zeichnet sich bekanntlich vor den übrigen photographischen Objektiven unter Anderem durch eine in gewisser Hinsicht universellere Anpassungsfähigkeit an die Aufgaben des praktischen Photographen aus. Indem es demselben von der Brennweite der positiven Komponente aufwärts jede beliebige Brennweite zur Verfügung stellt, kann dieser bei einem gegebenen Standpunkt den Gegenstand in jedem beliebigen Maassstab aufnehmen oder bei einem vorgeschriebenen Maassstab den Standpunkt je nach dem gewünschten perspektivischen Eindruck beliebig wählen. Dieser Umstand, dazu noch die wieder besondere Vorzüge bedingende eigenthümliche Lage der Brennpunkte, machen es begreiflich, dass die richtige Verwendung des Teleobjektivs grössere Schwierigkeiten bietet und daher eine genauere Kenntniss der optischen Eigenschaften desselben voraussetzt. Wird sich nun auch der Praktiker im Allgemeinen mit einer das Wichtigste kurz zusammenfassenden Gebrauchsanleitung[1]) begnügen, so werden doch manche Kreise den Wunsch nach einer eingehenderen Darstellung, wie es die vorliegende ist, empfinden. Wer durch das Studium einer zusammenhängenden, möglichst vollständigen Entwicklung der optischen Eigenschaften des Tele-

[1]) An dieser Stelle möchte Ref. auf die von P. Rudolph verfasste Gebrauchsanleitung der Zeiss'schen Werkstätte aufmerksam machen, worin zum ersten Male auch die Verwendung des Teleobjektivs für Portraitaufnahmen mit grosser Figur eingehender behandelt wird, und zwar gerade mit Rücksicht auf die Eigenschaften, welche das Instrument für derartige Arbeiten so besonders geeignet machen.

objektivs mit dem Wesen desselben vertraut geworden ist, wird es nicht schwer fallen, zu einem rationellen Arbeiten mit diesem Instrument zu gelangen.

In der Einleitung giebt Verf. nach einer Abgrenzung des Begriffs Teleobjektiv eine historische Uebersicht über die Entwicklung dieser Konstruktion; es mag daraus hervorgehoben werden, dass die Erfindung auf J. Porro (1851) zurückgeht. Sodann werden die für Bildlage und Bildgrösse maassgebenden Konstanten, Brennweite und Brennpunktsabstände, abgeleitet, wobei im Anschluss an P. Rudolph stets das Teleobjektiv als ein optisches Ganzes behandelt wird. Dies Verfahren hat den Vortheil, dass die Wirkung in Analogie zu der bekannten des gewöhnlichen photographischen Objektivs gesetzt wird; überdies wird der Vergleich mit letzterem erleichtert. Die Verwendung des Teleobjektivs für Fern- und Nahaufnahmen wird getrennt behandelt, in beiden Fällen zeichnet sich dasselbe dadurch aus, dass es kürzeren Kameraauszug erfordert, in letzterem ausserdem durch grösseren Objektabstand. Der Unterschied wächst nach den Formeln sowohl mit dem Betrag der absoluten Brennweiten als auch mit dem Verhältniss der Brennweiten der positiven und negativen Komponente. Es ist wichtig, dies für den Vergleich verschiedener Teleobjektive zu beachten, zumal da das Brennweitenverhältniss auch auf Bildkrümmung und Verzeichnung Einfluss hat.

Der letzte und grössere Theil des Werks handelt von den durch die Art der Strahlenbegrenzung bedingten Eigenschaften, unter die Perspektive, Tiefe der Schärfe, Bildkreisgrösse und Helligkeit zu rechnen sind. Im Anschluss an E. Abbe werden die grundlegenden Begriffe, Aperturblende und deren objekt- und bildseitig projizirten Bilder, Eintritts- und Austrittspupille, sowie Gesichtsfeldblende, festgelegt. Besonders aber gewinnt die nun folgende Darstellung an Einfachheit und Durchsichtigkeit durch Einführung des Begriffs der Einstellungsebene als der Ebene, welche der Mattscheibenebene objektseitig als Bild entspricht. Es tritt so deutlich hervor, dass die Rolle, welche das Objektiv für Perspektive und Tiefe der Schärfe spielt, durch die Lage und Grösse seiner Eintrittspupille im Wesentlichen bestimmt ist, während die Brennweite nur eine sehr beiläufige Bedeutung hat. Die perspektivische Wirkung des Teleobjektivs zeigt nur bei Nahaufnahmen einen Unterschied gegenüber der des gewöhnlichen Objektivs, weil bei gleicher Brennweite und gleichem Maassstab der Aufnahme die Eintrittspupille weiter vom vorderen Brennpunkt und damit auch der Einstellungsebene zurückliegt; es erscheint so eine Portraitaufnahme mit Teleobjektiv weniger leicht perspektivisch übertrieben. Ebenso liefert bei Nahaufnahmen das Teleobjektiv gegenüber einem gewöhnlichen Objektiv gleicher relativer Oeffnung schärfere, aber auch lichtschwächere Bilder von sich in die Tiefe erstreckenden Gegenständen. Zum Schluss werden noch die Formeln für die Grösse des Gesichtsfeldes und der Apertur bei parallelem Gang der einfallenden Strahlen abgeleitet und diskutirt. *A. K.*

L. Boltzmann, Vorlesungen üb. die Prinzipe der Mechanik. In 3 Thln. I. Thl., enth. die Prinzipe, bei denen nicht Ausdrücke nach der Zeit integrirt werden, welche Variationen der Koordinaten od. ihrer Ableitgn. nach der Zeit enthalten. gr. 8°. X, 241 S. m. 16 Fig. Leipzig, J. A. Barth. 6,00 M.

E. Mach, Populärwissenschaftl. Vorlesungen. 2. Aufl. 8°. IX, 344 S. m. 46 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth. 5,00 M.; geb. in Leinw. 5,75 M.

G. Naccari, *Astronomia nautica.* 12°. 334 S. m. 46 Fig. Mailand 1897. 2,80 M.

L. Henry, *Traité de Géodésie tachéométrique ou le Tachéomètre à la portée de tous.* 8°. 308 S. m. 1 Atlas von 39 Tafeln in 4°. Paris 1897.

C. E. Curry, *Theory of Electricity and Magnetism. With a preface by L. Boltzmann.* 8°. Mit Figuren. London 1897. Geb. in Leinw. 8,80 M.

W. C. Fischer, *Potentiometer and its adjuncts.* 8°. 204 S. m. Fig. London 1897. Geb. in Leinw. 6,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVII. Jahrgang.	**Dezember 1897.**	Zwölftes Heft.

Vergleichung zwischen Stab- und Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten.

Von

E. Gumlich und **K. Scheel.**

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Bei Anwendung der Reduktionen von Quecksilberthermometern auf das Gasthermometer wird im Allgemeinen angenommen, dass die verschiedenen Typen von Thermometern, wenn sie nur aus derselben Glassorte gefertigt sind, keine Verschiedenheit der Angaben zeigen. Im Verlaufe einer anderweitigen Untersuchung ergab sich die Gelegenheit, die Zulässigkeit dieser Voraussetzung durch direkte Vergleichung von Stab- und Einschlussthermometern zweier Glassorten bei verschiedenen Temperaturen zu prüfen; die gewonnenen Resultate sollen im Folgenden mitgetheilt werden.

Zu den Vergleichungen dienten je zwei Stab- und Einschlussthermometer aus den gebräuchlichsten Jenaer Glassorten 16^{III} und 59^{III}. In Bezug auf die individuelle Untersuchung der Stabthermometer (IV und VII aus Glas 16^{III}, 203 und 207 aus Glas 59^{III}) kann auf die *Wissensch. Abhandl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt* ***1.*** *1894 u.* ***2.*** *1895*, wo auch die Korrektionstabellen veröffentlicht sind, verwiesen werden[1]). Von diesen Thermometern tragen VII und 203 eine ununterbrochene Theilung in $0^{0},1$ von unter 0^{0} bis über 100^{0}. Bei IV umfasst die durchgetheilte Skale nur etwa 50^{0}, bei 207 nur etwa 33^{0}, doch erlauben vorhandene Erweiterungen in der Kapillare durch Abtrennen von Quecksilberfäden geeigneter Länge diese relativ kurze Skale für verschiedene Temperaturintervalle benutzbar zu machen. Die Länge eines Grades beträgt bei VII, IV und 203 etwa 6 *mm*, bei 207 etwa 8 *mm*.

Die Einschlussthermometer (245 und 296 aus Glas 16^{III}, 420 und 421 aus Glas 59^{III}) sind sämmtlich von unter 0^{0} bis über 100^{0} in $0^{0},1$ durchgetheilt; die Gradlänge beträgt etwa 4 *mm*. Die Skale ist nach der Fuess'schen Anordnung unten in einem Becher gelagert und wird in diesen von oben her durch eine Feder fest eingedrückt. Etwa beim Theilstrich 40^{0}, sowie oberhalb 100^{0} ist die Skale mit der Kapillare durch Drahtschlingen verbunden.

Die Kalibrirung dieser Thermometer ist nach der Neumann-Thiesen'schen Methode von 5^{0} zu 5^{0} durchgeführt. Bei den Thermometern aus Glas 16^{III} übersteigen die Kaliberkorrektionen, wie bei den Stabthermometern, nur wenig den Betrag von $0^{0},2$; bei den Thermometern aus Glas 59^{III} dagegen erreichen sie Werthe bis annähernd $0^{0},7$. Der Grund für diese starke Ungleichmässigkeit des Kalibers ist darin zu suchen, dass diese Instrumente aus den ersten aus Glas 59^{III} gezogenen Röhren her-

[1]) Siehe auch *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 2, 41, 81 u. 117. 1895* und ***15.*** *S. 433. 1895.*

gestellt waren; selbstverständlich dürfen infolgedessen an die Genauigkeit der Angaben dieser Thermometer nicht die gleichen Anforderungen gestellt werden, wie bei den übrigen Instrumenten.

Die Koëffizienten des äusseren Druckes, aus welchen sich die des inneren Druckes rechnerisch ableiten lassen, sowie die Fundamentalabstände wurden nach früher angegebenen Methoden[1]) ermittelt.

Zu den in horizontaler Lage ausgeführten Vergleichungen diente der in den *Wissensch. Abhandl. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 31. 1895* beschriebene Apparat[2]). Derselbe besteht im Wesentlichen aus einem vom temperirten Wasser durchflossenen Messingkasten, dessen wasserdicht aufgeschraubter Deckel zum Zwecke der Ablesung mit einer Spiegelglasplatte versehen ist. Die Thermometer werden dabei innerhalb des Kastens durch einen sie eng umgebenden Kupfermantel vor den etwa noch vorhandenen grösseren Temperaturschwankungen im Messingkasten geschützt.

Die Vergleichungen wurden, ebenfalls nach dem *a. a. O.* aufgestellten Schema, bei den Temperaturen 10°, 20°, 30°, 40°, 50° und 75° durchgeführt. Jede Reihe umfasste 32 mikroskopische Einzelablesungen jedes Instrumentes, in welche sich beide Beobachter theilten. Die Stabthermometer wurden dabei zur Vermeidung der Parallaxe mit Theilung vorne und Theilung hinten abgelesen, während man sich bei den Einschlussthermometern mit einer möglichst genauen Horizontirung begnügen musste. In allen Fällen sorgte man aus bekannten Gründen für einen langsamen Temperaturanstieg während der Beobachtungen. Nach jeder Vergleichung bestimmte man von allen Instrumenten die Eispunkte.

Zusammenstellung der Resultate.

Glas 16^{III}

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
IV	VII	245	296	$M_{St} = \frac{IV + VII}{2}$	$245 - M_{St}$. in 0°,001	$296 - M_{St}$ in 0°,001	$M_E - M_{St}$ in 0°,001
9,511	9,515	9,504	9,509	9,513	− 9	− 4	− 6
19,372	19,370	19,370	19,377	19,371	− 1	+ 6	+ 2
30,334	30,339	30,321	30,329	30,336	− 15	− 7	− 11
39,957	39,956	39,954	39,962	39,957	− 3	+ 5	+ 1
50,151	50,151	50,141	50,153	50,151	− 10	+ 2	− 4
74,514	74,508	74,506	74,501	74,511	− 5	− 10	− 7

Glas 59^{III}

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
203	207	420	421	$M_{St} = \frac{203 + 207}{2}$	$420 - M_{St}$ in 0°,001	$421 - M_{St}$ in 0°,001	$M_E - M_{St}$ in 0°,001
10,071	10,069	10,075	10,073	10,070	+ 5	+ 3	+ 4
19,988	19,988	19,994	20,000	19,988	+ 6	+ 12	+ 9
29,776	29,772	29,787	29,785	29,774	+ 13	+ 11	+ 12
40,594	40,596	40,598	40,598	40,595	+ 3	+ 3	+ 3
50,976	50,974	50,991	50,998	50,975	+ 16	+ 23	+ 19
75,029	75,031	75,038	75,032	75,030	+ 8	+ 2	+ 5

[1]) *Wissensch. Abhandl. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **1.** *S. 71 u. 90. 1894;* **2.** *S. 138. 1895;* siehe auch *diese Zeitschr.* **15.** *S. 81 u. 123. 1895;* **16.** *S. 56. 1896.*

[2]) Siehe auch *diese Zeitschr.* **15.** *S. 436. 1895.*

Die vollständig reduzirten Beobachtungen ergaben die in den ersten vier Spalten der vorstehenden Zusammenstellung aufgeführten Resultate, wobei für IV und VII bei 50° und 75° die aus früheren Vergleichungen[1]) gefundenen individuellen Korrektionen bereits berücksichtigt sind.

Die Abweichungen zwischen IV und VII sowie zwischen 203 und 207 zeigen keinerlei systematischen Gang und übersteigen ihrer Grösse nach nicht die zu erwartenden zufälligen Beobachtungsfehler. Es ist deshalb gerechtfertigt, der weiteren Diskussion die in Spalte 5 aufgeführten Mittelwerthe zu Grunde zu legen. Die 6. und 7. Spalte geben alsdann die Abweichungen der Einschlussthermometer von diesen Mitteln. In diesen Zahlen tritt eine die Beobachtungsfehler übersteigende Differenz zwischen den Einschlussthermometern unter sich nicht hervor; es erscheint daher gerechtfertigt, auch diese Zahlen (Spalte 8) zu Mittelwerthen zu vereinigen.

Bei den Thermometern aus Glas 16^{III} lassen die Mittelwerthe einen systematischen Gang nicht mit Sicherheit erkennen; auch die absolute Grösse der Abweichungen zwischen den Stab- und Einschlussthermometern überschreitet mit Ausnahme der Beobachtungen bei 30° nicht den von vornherein zu erwartenden Betrag. Bei den Thermometern aus Glas 59^{III} scheint dagegen ein systematischer Gang in den Differenzen zwischen Stab- und Einschlussthermometern deutlich erkennbar. Um diese Abweichungen möglichst von zufälligen Beobachtungsfehlern zu befreien, ist in der folgenden Tabelle eine Ausgleichung dieser Werthe nach der Parabel

$$+ 460\, T\, (100 - T)\, 10^{-8}$$

gegeben und sind in der letzten Spalte die übrigbleibenden Fehler gebildet. Die Summe der Fehlerquadrate (Σv^2) ist hierdurch auf fast den fünften Theil herabgemindert, und auch die Fehlervertheilung zeigt keinen systematischen Gang mehr.

Temperatur	$M_E - M_{St}$ in 0°,001		Beob.—Ber. in 0°,001
	beob.	berechn.	
10°	+ 4	+ 4	0
20°	+ 9	+ 7	+ 2
30°	+ 12	+ 10	+ 2
40°	+ 3	+ 11	− 8
50°	+ 19	+ 12	+ 7
75°	+ 5	+ 9	− 4
Σv^2	636		137

Die durch die Parabel dargestellten Abweichungen zwischen Stab- und Einschlussthermometern werden nicht überraschen, wenn man berücksichtigt, dass der die Theilung tragende Milchglasstreifen unzweifelhaft nicht aus demselben Glase besteht, wie die Kapillare. Es ist auch von vornherein ersichtlich, dass eine hierdurch bedingte systematische Abweichung hauptsächlich bei den Thermometern aus Glas 59^{III}, dessen Ausdehnungskoëffizient ganz besonders klein ist, in Erscheinung treten muss, während diese Differenz beim Glas 16^{III} mit einem wesentlich höheren Ausdehnungskoëffizienten, der sich von demjenigen des Milchglases nur wenig unterscheiden dürfte, kaum noch nachweisbar sein wird.

Um über die Grössenordnung der durch die verschiedene Ausdehnung von Skale und Kapillare bedingten Abweichung von Stab- und Einschlussthermometern ein Urtheil

[1]) *Wissensch. Abhandl. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 41 u. 43. 1895.*

zu gewinnen, legen wir die von Hrn. Thiesen in den *Metronom. Beiträgen*[1]) *Nr. 3. S. 6. 1881* entwickelten Formeln zu Grunde. Unter der in erster Annäherung erlaubten Annahme, dass die Befestigungsstelle der Skale mit dem Eispunkte zusammenfällt, können wir die Differenz Einschluss- minus Stabthermometer berechnen nach der Formel

$$t' - t = T(100 - T)\,[(S - K) + (s - k)\,T],$$

in welcher T die Temperatur, S und K die mittlere lineare Ausdehnung von Skale und Kapillare zwischen 0° und 100°, sowie s und k die Aenderungen dieser Ausdehnungskoëffizienten S und K mit der Temperatur bedeuten.

Für Glas 59^{III} ist nach den in den *Wissensch. Abhandl. der Phys.-Techn. Reichsanstalt 2. S. 129. 1895* veröffentlichten Untersuchungen[2])

$$K = 593 \cdot 10^{-8}; \qquad k = 25 \cdot 10^{-10}.$$

Nehmen wir für die Milchglasskale den nicht unwahrscheinlichen Ausdehnungskoëffizienten

$$\left[820\,\frac{T}{100} + 80\left(\frac{T}{100}\right)^2\right] 10^{-6}$$

an, so ist

$$S = 900 \cdot 10^{-8}; \qquad s = 80 \cdot 10^{-10},$$

und es wird somit

$$t' - t = T(100 - T)\,[307 \cdot 10^{-8} + 55 \cdot 10^{-10}\,T].$$

Diese Formel liefert für $t' - t$ die folgenden Werthe

Grad	$t' - t$ in 0°,001
10	+3
20	+5
30	+7
40	+8
50	$+8_5$
75	+7

Diese Werthe weichen thatsächlich von den in der dritten Spalte der vorigen Tabelle berechneten Parabelwerthen nur wenig ab.

Allgemein ergeben demnach die ausgeführten Vergleichungen das Resultat, dass man zu Temperaturmessungen, deren Genauigkeit 0°,01 wesentlich übersteigen soll, nur solche Einschlussthermometer benutzen darf, für welche entweder die Ausdehnung der Skale bekannt ist und in Rechnung gesetzt wird, oder welche selbst an Stabthermometer durch direkte Vergleichung angeschlossen sind.

[1]) Herausgegeben von der Kaiserl. Normal-Aichungs-Kommission. Verlag von J. Springer, Berlin.

[2]) Siehe auch *diese Zeitschr. 16. S. 55. 1896.*

Ueber neuere spektrophotographische Apparate.

Von

C. Leiss.

(Mittheilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin.)

(Schluss von S. 331.)

B. Vakuum-Spektrograph nach V. Schumann[1]).

Die photographische Aufnahme des ultravioletten Spektrums mit den im vorigen Heft beschriebenen Apparaten lässt sich, wenn der Luftwiderstand durch möglichste Verkürzung der Brennweiten der Objektivlinsen auf ein geringes Maass abgeschwächt ist, bis zur Wellenlänge 1852 ausdehnen. Dies ist z. B. der Fall bei dem kleineren Modell der Quarzspektrographen (Fig. 2 *S. 322*). Bei dem grösseren Apparat hingegen, dessen Objektivlinsen eine Brennweite von 800 *mm* für *Na*-Licht besitzen, endigt das Spektrum infolge der Absorption, die die Strahlen auf ihrem Weg zur Platte durch die Luftschicht erfahren, bei der Wellenlänge 2000.

Ein Ersatz der bei den vorbeschriebenen Apparaten aus Quarz gefertigten Linsen und Prismen durch solche aus dem weitaus lichtdurchlässigeren Flussspath würde nach den Untersuchungen von V. Schumann die Beobachtungsgrenze gar nicht oder in kaum nennenswerthem Maasse erweitern. Der einzige Weg, das Studium des Ultraviolett noch über die Wellenlänge 1852 auszudehnen, ist die völlige Beseitigung der Luft innerhalb des Strahlenganges. Ferner bedingt die Untersuchung der brechbarsten Strahlen die Anwendung von Prismen und Linsen aus reinem weissen Flussspath, sowie besonderer, mit Bromsilber- oder Bromjodsilberüberzug versehener Platten, wie sich solche V. Schumann für seine spektrophotographischen Arbeiten selbst präparirt[2]).

Unter Beibehaltung von Quarzprisma und der die brechbarsten Strahlen energisch absorbirenden Gelatine der gewöhnlichen Gelatineplatten führen diese Aufnahmen mit einem evakuirten Apparat bis zur Wellenlänge 1820. Benutzt man dagegen die neue Schumann'sche Bromsilberplatte, dann geht das Spektrum beträchtlich über diese Wellenlänge noch hinaus.

Mit dem nachstehend beschriebenen und in Fig. 6 (ca. $1/4$ nat. Gr.) in perspektivischer Ansicht abgebildeten Apparat, dessen optischer Theil (zwei Linsen von 120 *mm* Brennweite für *Na*-Licht und ein Prisma von 70° brechendem Winkel) aus weissem Fluorit besteht, lässt sich nach den schätzungsweisen Ermittelungen von Schumann das Spektrum bis zur Wellenlänge 1000 photographisch verfolgen[3]).

Beschreibung des Apparates. — Mittlerer Theil. Mit dem Kernstück eines kräftigen, auf drei Stellschrauben ruhenden Dreifusses ist fest verbunden die konische Achse *A*. Auf dieser sitzt dicht passend und drehbar die starkwandige Buchse *B*. Ein Innenraum in der Achse *A* dient zur Aufnahme des Prismas. Fest mit der Achse *A* verschraubt trägt diese das Kollimatorrohr *C*, welches durch einen schlitzförmigen Aus-

---

[1]) V. Schumann, Ueber die Photographie der Lichtstrahlen kleinster Wellenlängen. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse.* **102.** *II. Theil. S. 625. 1893.*

[2]) V. Schumann, *a. a. O. I. Theil. S. 59.*

V. Schumann, Ueber ein neues Verfahren zur Herstellung ultraviolett empfindlicher Platten. *a. a. O. II. Theil. S. 994. 1893.*

[3]) Diese Wellenlänge etwa besitzt die von V. Schumann aufgenommene brechbarste, dem Wasserstoff angehörige Linie.

bruch in der Wandung von *B* hindurchgeht. An einem seitlichen, zylindrischen Fortsatz B_1 der Buchse ist das Kamerarohr *D* befestigt. Damit bei jeder Stellung, welche die Achsen von *C* und *D* bei der Drehung der Buchse *B* gegen einander einnehmen, den aus dem Prisma austretenden Strahlen der Zutritt in das Kamerarohr ermöglicht ist, besitzt die Achse *A* an entsprechender Stelle eine schlitzförmige Oeffnung, ähnlich derjenigen in der Wandung von *B*. Dadurch ist man in der Lage, den Winkel der Achsen von *C* und *D* ohne Weiteres und ohne störenden Einfluss auf das Vakuum von 105° bis 142° zu variiren. Zur Einstellung dieses Winkels dient der Index *a*, welcher den auf dem Ring des Dreifusses befestigten, in Grade getheilten Kreis *b* bestreicht.

Der Innen- oder Prismenraum der konischen Achse *A* wird oben durch einen kräftigen Deckel luftdicht verschlossen, indem dessen ebener Auflagerand auf dem gleichfalls plangeschliffenen Rand von *A* unter Vermittelung einer Fettschicht aufruht. In einer ausserachsialen Bohrung dieses dickwandigen Deckels ist der durchbohrte Stahlkonus *c* luftdicht passend eingeschliffen, welcher aus einer schlitzförmigen Oeffnung des auf *B* aufgeschraubten Deckels *d* herausragt; in die zylindrische Bohrung von *c* ist die zur Luftpumpe führende Glasröhre eingekittet. Die Bohrung, in welche sich der Stahlkonus *c* einsetzt, ist unten durch ein Verschraubungsstück verschlossen. Um zu verhindern, dass beim Evakuiren oder Oeffnen des Apparates plötzliche Druckschwankungen entstehen und ausserdem Licht von oben her in den Prismenraum dringen kann, sind in das erwähnte Verschraubungsstück *seitlich* einige kleine Luftöffnungen eingebohrt, welche die Verbindung mit der eigentlichen Bohrung für den Stahlkonus herstellen.

Damit der die konische Achse *A* abschliessende Deckel ohne besondere Umstände behufs Einsetzen des Prismas oder zur Neueinfettung abgenommen werden kann, lässt sich die auf dem oberen Ende der Buchse *B* sitzende Kappe *d* durch Abschrauben entfernen. Dies geschieht mit Hülfe zweier in Holzhefte eingesetzter Stahlstifte, welche man in zwei sich gegenüberliegende der in *d* befindlichen sechs Bohrungen einsetzt. Vor dem Abschrauben der Kappe *d* ist es nöthig, den Stahlkonus *c* aus seiner Buchse herauszuziehen. Zum Abheben des nach längerem Gebrauch des Apparates festgesaugten Abschlussdeckels für den Prismaraum dient ein besonderes Werkzeug. Dasselbe besteht aus einer an Stelle des Deckels *d* zentral auf das obere Ende von *B* aufzusetzenden und in der Mitte durchbohrten Messingplatte *E* (in der Fig. 6 unten abgebildet). In das Loch der Platte ist eine mit Griffknebel versehene Schraubenmutter *e* eingesteckt, und diese erfasst beim Drehen einen mit dem Deckel fest verbundenen, kurzen Stahlgewindezapfen und hebt, sobald sich nach einigen Umdrehungen der Ansatz der Schraubenmutter auf die Platte aufsetzt, den Deckel von seiner Dichtungsfläche ab.

Um das Abnehmen der Buchse *B*, das nach längerem Gebrauch des Apparates behufs Erneuerung des Fettüberzuges empfehlenswerth ist, ohne sonderliche Schwierigkeiten und grösseren Kraftaufwand möglich zu machen, dient die in die Kappe *d* eingesetzte Stahlschraube *f* und der unterhalb *B* befindliche, auf feingängigem Gewinde verschraubbare Ring *g*. Erstere setzt sich mit ihrer gehärteten, planen Endfläche beim Niederschrauben auf den mit gleichfalls gehärteter Kuppe versehenen und bereits erwähnten, in den Dichtungsdeckel von *A* fest eingesetzten Stahlgewindezapfen und hebt unter Auseinanderreissen der Fettschicht den gesammten drehbaren Komplex hoch. Der unter *B* befindliche, mit sechs Bohrungen versehene Ring *g* soll in den Fällen angewendet werden, wenn z. B. die Kappe *d* mit der Schraube *f* behufs

vorheriger Abnahme des Dichtungsdeckels vom Konus A entfernt ist. Mittels der Schraube f erfordert das Anheben von B weniger Mühe und Kraftaufwand als mit dem Ring g, weswegen es sich empfiehlt, wo dies angängig, sich der erstgenannten Einrichtung zu bedienen. Vor dem Abheben der Buchse B ist das Spaltrohr C durch Abschrauben zu entfernen.

Prismentisch. Um diesen von aussen her drehen zu können, ist in eine konische Ausbohrung des Bodens der Achse A eine Stahlachse eingesetzt, deren in das Innere von A ragendes Ende den in der üblichen Art justirbaren Prismentisch trägt. Mit dem unteren Ende der Stahlachse ist die Alhidade F (in der Figur nur wenig sichtbar) fest verbunden. Diese ist mit dem Nonius a_1 versehen, welcher an der äusseren, auf

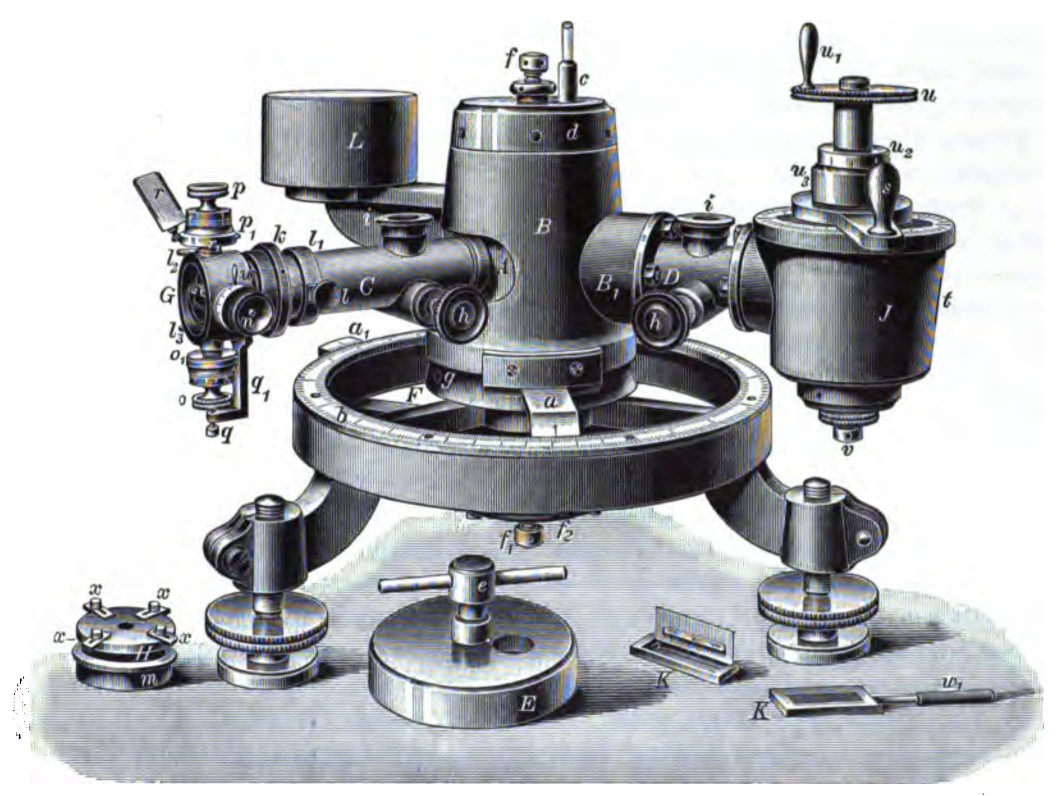


Fig. 6.

dem Ring b aufgetragenen Gradtheilung eine Ablesung des 5'-Intervalles gestattet. Zur Fixirung der Alhidade dient eine die letztere radial durchsetzende Schraube, die unter Vermittelung eines Druckstückes gegen einen zylindrischen, aus dem Dreifusskernstück vorstehenden Fortsatz der konischen Achse A wirkt. Damit die Stahlachse keiner einseitigen Belastung seitens der Alhidade ausgesetzt und dadurch die Verschlusssicherheit derselben gefährdet ist, wird das Gewicht der Alhidade von einem diametral zu derselben sich fortsetzenden Arm balanzirt. Das Niedersinken der Stahlachse wird verhindert durch die Stellschraube f_1, indem das kugelförmige, harte Ende der Stahlachse auf dem gleichfalls harten und fein polirten, aber planen Ende der Stellschraube f_1 aufruht; letztere ist so eingestellt, dass die Stahlachse noch eben sanft drehend in ihre Buchse einliegt. Das Mutterstück von f_1, die Scheibe f_2, wird von drei in dem Dreifuss befestigten Säulen getragen.

Die Befestigung des Prismas auf der oberen Platte des Prismentisches geschieht durch eine auf die obere Prismenfläche wirkende Schraube. Der Prismentisch ist behufs annähernder Einstellung des Prismas in das Minimum der Ablenkung auf seiner Achse selbständig drehbar und durch eine Schraube zu klemmen. Mittels eines dem Apparat beigegebenen, durch Anschrauben schnell zu befestigenden Griffes kann der Prismentisch nach vorherigem Lösen der Klemmschraube aus dem Inneren von A herausgehoben werden. Ein Herausnehmen des Prismentisches ist zur Justirung des Prismas erforderlich, denn diese muss, da sie im Apparat selbst nicht vorgenommen werden kann, an einem anderen Instrument — etwa Spektrometer oder Goniometer — mit Hülfe des Gauss'schen oder Abbe'schen Okulares erfolgen. Um hierbei schnell zum Ziele zu kommen, ist die untere Fläche der unteren Scheibe des Prismentisches genau laufend zur Achse überdreht und plan geschliffen, und diese Fläche ist dann maassgebend für die Normalstellung der brechenden Flächen des Prismas. Zur weiteren Bequemlichkeit der Justirung des Prismas ist letzteres so auf dem Tisch befestigt, dass eine Prismenfläche senkrecht auf der Verbindungslinie zweier Justirschrauben steht.

Spalt- und Kamerarohr. Das Spaltrohr C ist durch ein Einschraubgewinde mit der Achse A verbunden, während das beträchtlich kürzere Kamerarohr D mittels eines Flansches und vier Schrauben an der plangeschliffenen Fläche des Fortsatzes B_1 der Buchse B befestigt ist. Die Verschiebung der beiden, die Objektivlinsen tragenden Auszugsrohre geschieht durch Zahn und Trieb mittels der Griffknöpfe h. Die Achsen der Triebe sind luftdicht eingepasste Konen, die Zahnstangen direkt in die Auszugsrohre eingeschnitten. Auf jedem der beiden Rohre ist eine durch die Oeffnungen i sichtbare Halbmillimeter-Skale aufgetragen. Als Einstellungsmarke befindet sich auf einem unmittelbar über der Theilung angebrachten Spiegelglasplättchen ein feines, nahe aneinander liegendes paralleles Linienpaar. Schätzungsweise kann die Einstellung bei nur geringer Uebung noch mit Sicherheit auf $^1/_{10}$ *mm* ausgeführt werden. Der luftdichte Verschluss der beiden Rohransätze wird durch runde Spiegelglasplättchen, welche auf die plane, mit Fett überzogene Ringfläche von i aufgerieben werden, hergestellt. Zwei Ueberschraubringe auf i gewähren den Verschlussscheiben Schutz gegen Verschiebungen. Jedes der beiden Auszugsrohre trägt beiderseits das Gewinde zum Einschrauben der Objektivfassung, sodass die Entfernungen der Linsen von dem Spalt und der Platte innerhalb viel grösserer Grenzen, als dies mit der Triebbewegung allein möglich wäre, variirt werden können. Die Fokusirung der Strahlen kürzester Wellenlänge neben der der weniger abgelenkten erfordert eine Verschiebung in so grossem Maasse. Behufs Umschrauben der Linsen müssen Spalt- und Kamerarohr abgeschraubt werden, da ohnedem die Auszugsrohre nicht zugänglich sind.

Spalt-Einrichtung. Die hermetische Verbindung des Spaltes mit dem Kollimatorrohr geschieht derart, dass die plane Rückseite des Spaltgehäuses G unter Vermittelung einer Schicht Luftpumpenfett gegen die Stirnfläche des Kollimatorrohres geklebt ist. Die Konachsialität von Spalt und Kollimator wird durch einen die Dichtungsfläche umgebenden Rand gewahrt. Ein unter gewissen Umständen mögliches Abfallen des Spaltschlittens wird durch den sonst locker über C hängenden Gewindering k verhindert, den man, ohne ihn sonderlich festzuziehen, über das an der Rückseite des Spaltgehäuses befindliche Gewinde schraubt. Der auf dem Kollimator C durch die Schraube l festgehaltene Ring l_1 dient dazu, dem Spalt seine richtige Lage zu geben und diese auch nach jedem Wiederansetzen zu erhalten. Dazu trägt der Ring auf

seiner hinteren (in der Figur nicht sichtbaren) Seite ein gabelförmiges, parallel *C* gerichtetes Stück. Die Enden desselben werden von den beiden, nur wenig in der Figur hervortretenden Stellschrauben l_2 und l_3 durchsetzt, welche sich gegen einen in das Spaltgehäuse eingesetzten Metallzapfen mit ebenen Flächen anlegen. Bewegt man die eine der beiden Schrauben rückwärts und die andere vorwärts, dann dreht sich der Spalt innerhalb geringer Grenzen in seiner Ebene herum. Mittels dieser Bewegung geschieht die Parallelstellung des Spaltes zur brechenden Kante des Prismas. Löst man die Klemmschraube *l*, deren spitzes Ende in eine Bohrung von *C* eindringt, dann lässt sich der Spaltschlitten ringsherum drehen. Man thut gut, dies vor dem Evakuiren einige Mal auszuführen, um den Fettüberzug auf den Dichtungsflächen möglichst gleichmässig zu vertheilen. Hierdurch wird eine Verschlusssicherheit eher verbürgt. Der Spaltschlitten liegt vollständig im evakuirten Raum, nur seine Mikrometertrommeln befinden sich ausserhalb des Gehäuses. Das nach der Lichtquelle hin offene Spaltgehäuse wird durch den Deckel *H* (links unten in der Fig. 6 abgebildet) verschlossen, welcher ähnlich wie das Spaltgehäuse selbst gegen dessen plane Ringfläche mit Luftpumpenfett geklebt wird. Ein sich locker über den Verschlussdeckel schraubender Ring *m* dient dazu, den Deckel vom Spaltgehäuse leicht zu trennen. Der luftdichte Abschluss der Deckelöffnung geschieht durch eine mit Fett aufgeklebte Scheibe aus Flussspath oder mittels eines etwa 0,5 *mm* dicken Quarzplättchens.

Im Spaltgehäuse befinden sich zwei Spalte, der eine für die Breite des Spaltes, der andere für dessen Länge. Beide Backenpaare, die sich unter einem Winkel von 90^0 kreuzen, sind aus hartem Stahl gefertigt und mit wirklichen Schneiden versehen. Das Backenpaar des Längenspaltes läuft so dicht über dem des Breitenspaltes, dass beide Schneidenpaare nahezu in eine Ebene fallen.

Zur Bewegung des *Breitenspaltes* dient die Mikrometerschraube *n* mit einer in 100 Theile getheilten Trommel. Die Ganghöhe der Schraube beträgt 0,2 *mm*, sodass ein Trommelintervall direkt 0,002 *mm* anzeigt. Das Tausendstel Millimeter ist nöthigenfalls noch leicht durch Schätzung zu ermitteln. Damit sich die Spaltschneiden nie berühren können und so vor Beschädigung geschützt sind, ist eine einfache Sicherheitsvorrichtung vorgesehen. Sie besteht aus dem kleinen, in den Indexring der Mikrometertrommel eingesteckten Stift *w*, gegen welchen ein in die Stirnseite der Trommel eingesetzter zweiter Stift kurz vor der Berührung der Schneiden anschlägt und die Weiterbewegung der Schraube verhindert. Beim Oeffnen des Spaltes erfolgt der Anschlag wieder nach einer vollen Umdrehung der Schraube, also bei 0,2 *mm* Spaltweite. Ist es erwünscht, diese Spaltweite einmal zu überschreiten, so braucht man nur den Stift *w* herauszuziehen und sich die Zahl der Umdrehungen zu merken, damit man beim Zurückschrauben nicht die Schneiden in Berührung miteinander bringt. Etwaiger todter Gang in der Bewegung des Schlittens ist durch eine leichte Druckfeder beseitigt.

Mit dem zur Einstellung bestimmter *Spaltlängen* dienenden Backenpaar stehen die beiden Mikrometerschrauben *o* und *p* in Verbindung. Mittels *o* regulirt man nach Belieben die Spaltlänge (von 0 bis 3 *mm*), und mit der Schraube *p* führt man das auf die gewünschte Länge eingestellte Backenpaar über den Breitenspalt hinweg. Man ist auf diese Weise in der Lage, nicht nur jede Spaltstelle den Strahlen der Licht quelle auszusetzen, sondern auch behufs Aufnahme untereinander stehender Spektren (bei Koïnzidenzaufnahmen) der Reihe nach gleich lange, sich aneinander anschliessende Spaltstrecken herauszugreifen.

Beide Mikrometerschrauben besitzen neben ihren zur feinen Einstellung dienen-

den Theiltrommeln noch eine auch von V. Schumann erdachte, sehr sinnreiche Vorrichtung zur Ablesung der gemachten vollen Trommelumdrehungen (groben Einstellung). Ohne eine solche würde der Gebrauch der Mikrometerschlitten fast unmöglich sein, da die durch die Schrauben bewegten Spaltbacken ja von aussen her nicht sichtbar sind. Eine der sonst gebräuchlichen Einrichtungen für die grobe Einstellung liess sich im vorliegenden Falle nicht anwenden, weil die zur Verschlusssicherheit nöthigen konischen Achsen der Schrauben wohl eine Drehung, aber keine Längsverschiebung zulassen. Im Folgenden ist die Ableseeinrichtung, die in ganz ähnlicher Art auch bei der Kamera des Apparates wiederkehrt, kurz erläutert. Die Schraube *o* für die Einstellung der Spaltlänge besitzt eine Steigung von 0,2 *mm*, ihre Trommel ist in 50 Theile getheilt, sodass ein Intervall 0,004 *mm* entspricht. Die Theilstriche für die grobe Einstellung befinden sich gleichfalls auf der Trommel; es sind dieselben als Kreislinien in einem Abstand von je 1 *mm* in die Peripherie der Trommel eingedreht. Den Index für letztere bildet die scharfe Kante der doppelwandigen Kapsel o_1, in deren Hohlraum die zylindrisch-ringförmige Theiltrommel passt. Innen trägt letztere ein Muttergewinde von derselben Steigung der Mikrometerschraube. Das gleiche Gewinde ist auch auf die Innenwand der Kapsel o_1 aufgeschnitten, sodass sich beim Drehen der Mikrometerschraube die durch eine Längsführung am Drehen verhinderte Kapsel im gleichen Sinne wie der Spaltbacken im Innern des Gehäuses verschiebt. Die Spaltlänge ist gleich Null, wenn die Kante von o_1 auf die erste, durch einen Punkt gekennzeichnete Kreislinie der Trommel zeigt. Zum Ablesen der Bruchtheile (Trommelintervalle) ist auf o_1 eine Indexmarke gezogen.

Am Niedersinken ist das Längenmikrometer durch die Schraube *q* verhindert. Der Trägerarm q_1 derselben ist an dem Spaltgehäuse befestigt.

Das Gewinde der Mikrometerschraube *p*, mit Hülfe deren man den zuvor auf eine bestimmte Lage (mittels *o*) gestellten Spalt über den Breitenspalt hinwegbewegt, besitzt eine Steigung von 0,5 *mm*; ein Trommelintervall giebt 0,1 *mm* an.

Damit der Schlitten der Schraube *o* auch den Bewegungen des Mikrometers *p* zu folgen vermag, ist die eigentliche Schraube von *o* nicht fest mit der Trommelachse verbunden, sondern in eine zylindrische Bohrung der letzteren eingesetzt, in der sie sich, durch eine Nuthe am Drehen verhindert, in achsialer Richtung exakt verschiebt. Eine in geeigneter Weise wirkende Feder sorgt dafür, dass der Backen den Bewegungen der Schraube folgt.

Die grobe und feine Einstellung des Mikrometers *p* geschieht in genau gleicher Weise wie bei der Schraube *o* mittels der in der Längsrichtung verschiebbaren Kapsel p_1. Liegt der auf Null gestellte (geschlossene) Längenspalt in der Achse des Kollimators oder in der Mitte des Breitenspaltes, dann zeigt die Kante von p_1 auf den durch einen deutlichen Punkt kenntlich gemachten Mittelstrich des Maassstabes auf der Theiltrommel von *p*.

Letztgenanntes Mikrometer ist das am häufigsten benutzte. Mit Hülfe dieses werden alle Aufnahmen ausgeführt, bei denen es sich um den Nachweis der Koïnzidenz von Linien verschiedener Spektren handelt.

Ein um den Ring r_1 drehbarer und mit Gelenk versehener Reflektor *r* wirft das Licht einer wegen der Wärmestrahlung nicht zu nahe aufgestellten Lampe auf die Theiltrommeln. Die reflektirende Fläche ist ein in die beiden Kulissen von *r* eingeschobenes Blättchen weissen Papieres.

Kamera. Diese hat die Gestalt eines Hahnes, dessen Achse parallel der brechenden Kante des Prismas gestellt ist. Mit dem Kamerarohr ist der Mantel *J* des Hahnes

durch vier Schrauben verbunden. Die Last der Kamera ist durch das Gegengewicht *L* äquilibirt. Im Innern des durch die beiden Griffhebel *s* (einer in der Figur nur sichtbar) drehbaren Küken ist eine vertikale Schlittenbewegung angebracht, welche zwei horizontal befestigte Einschiebeleisten trägt. Diese dienen zur Aufnahme der Kassette *K*, welche durch die schlitzförmige Oeffnung *t* in *J* eingeführt wird. Die Bewegung des die Kassette tragenden Vertikalschlittens erfolgt mittels einer Schraube von 0,5 *mm* Steigung, deren Drehung durch den geränderten Knopf *u* erfolgt. Zum schnelleren Verschieben der Platte ist in *u* noch ein Griff u_1 eingesetzt. Sowohl die feine als auch die grobe Einstellung geschehen hier in ganz ähnlicher Weise wie bei den Spaltmikrometern mittels der Trommel u_2 und der doppelwandigen Kapsel u_3. An der in zehn Theile getheilten Trommel kann man noch eine Verschiebung der Platte von 0,5 *mm* ablesen. Der Ableseindex, eine Strichmarke, befindet sich auf u_3. Die Ablesung für die vollen Umdrehungen der Schraube weicht ein wenig von der der Spaltmikrometer ab. In die Trommel ist hier nur *eine* Kreislinie eingedreht. Sie dient als Index für eine Millimetertheilung, welche auf der Seitenwand eines in der Kapsel u_3 befindlichen Durchbruches (in der Figur durch den Griffhebel *s* verdeckt) aufgetragen ist. Bei der Drehung der Trommel verschiebt sich die Kapsel in gleichem Sinne wie der Schlitten. Dabei bestreicht die Millimeterskale die Indexlinie auf der Trommel.

Die Stellung der Platte im Küken ist derart angeordnet, dass ihre lichtempfindliche Schicht mit der geometrischen Achse des Küken koïnzidirt. Auf diese Weise verbleibt die Platte, wenn die Fokusirung einmal für bestimmte Strahlen ausgeführt ist, auch noch in dieser bei jeder beliebigen Neigung der Platte zur Linsenachse. Es gilt dies natürlich nur für die mit der genannten geometrischen Achse zusammenfallende Linie.

Mit der unter dem Hahngehäuse befindlichen Schraube *v* lüftet man zum leichteren Auseinandernehmen der Kamera das Küken. Für gewöhnlich bleibt die Schraube zurückgedreht.

Die *Kassette K* (rechts unten in der Fig. 6 zweimal abgebildet), für ein *Plattenformat von* 12,5 × 37 *mm* eingerichtet, ist ein mit Deckel und Druckfeder versehener, von aussen ganz glatter Messingrahmen. Auf der Schichtseite der Platte ist die Kassette offen, weshalb man das Einschieben der Kassette in die Kamera im verdunkelten Raum bezw. bei Dunkelkammerlicht vornehmen muss. Einen Verschlusshaken o. dgl. besitzt der Deckel nicht, da er sich genügend fest in die Kassette einlegt, ohne von der Feder aufgedrückt zu werden. Zum Einführen und Herausziehen der Kassette aus der Kamera bedient man sich des Schlüssels w_1, den man in ein in die Kassette eingebohrtes Loch einsteckt und unter geringer Drehung mit der Kassette fest verriegelt.

Hat man die Kassette in das Küken eingeschoben, so genügt eine Drehung des Küken (nach der Figur im Uhrzeiger-Sinne) von etwa 130°, um den Hohlraum des Küken, in welchem sich die Platte befindet, mit der Mündung des Kamerarohres in Kommunikation zu bringen. Die im Hohlraum befindliche Luft tritt sodann ins Vakuum über. An einer auf der Ringfläche von *J* aufgetragenen Gradtheilung kann der Drehungswinkel des Küken bezw. die Winkelstellung, welche Platte und Linsenachse jeweilig einschliessen, abgelesen werden. Zwei auf der Oberfläche des Küken um 180° voneinander entfernte Strichmarken dienen als Ablese-Indizes. Um die Kassette nach beendeter Aufnahme wieder aus der Kamera herauszunehmen, dreht man das Küken zurück, bis der hintere Griffhebel des Küken an einem einstellbaren Anschlag ein Hinderniss findet. In dieser Lage befindet sich die Kassette vor der

schlitzförmigen Oeffnung und kann leicht im Dunkeln mittels des Schlüssels w_1 herausgezogen werden.

Einfetten der Verschlussflächen. Von grösstem Einfluss auf die Dauer eines sicheren Verschlusses ist der Fettüberzug. Dies macht sich besonders bei den grösseren Konen des Apparates geltend, während die Trieb- und Mikrometerschraubenachsen weniger davon berührt werden. Ein geeignetes Schmiermittel ist Hirschtalg, dem man, um es etwas zäher zu machen, einen geringen Theil (etwa $^1/_4$ des Talges) weisses Wachs zusetzt[1]). Bei den laufenden Flächen ist es im Allgemeinen zweckmässiger, den Fettüberzug nicht zu dick aufzutragen, weil dies eher einen Nachtheil als Vortheil für die längere Verschlusssicherheit mit sich bringt. Tritt nach längerem Gebrauch ein Undichtwerden der grösseren Konen ein, so ist es das Rathsamste, ohne lange nach der Ursache zu suchen, den Fettüberzug sogleich zu erneuern.

Sind alle Konen frisch gefettet, so lassen sich dieselben noch ohne besonderen Kraftaufwand drehen; nach längerer Benutzung aber erfordert das Drehen nicht geringe Anstrengung.

Aufstellung und Gebrauch des Apparates. Die *Aufstellung* des Vakuum-Spektrographen muss auf einer festen Unterlage geschehen. Selbst geringe Verschiebungen oder Erschütterungen des Apparates könnten schon einen Bruch der nach der Luftpumpe führenden Glasröhre zur Folge haben. Nachdem der Apparat waagerecht aufgestellt ist, schraubt man ihn mittels kräftiger Holzklemmen, welche die drei Füsse umschliessen, in denen die Stellschrauben eingesetzt sind, fest.

Aus Rücksicht auf die Erhaltung des guten Verschlusses der Flächen soll der Arbeitsraum gegen einseitige Wärmestrahlung und gegen Temperaturschwankungen geschützt sein.

Zum Evakuiren des Apparates wird einer *automatischen Quecksilber-Luftpumpe* der Vorzug zu geben sein.

Die *Entladungsröhren*, deren sich Schumann bedient, sind theils für Längsdurchsicht (Kapillarenlicht) und theils für Querdurchsicht (Elektrodenlicht) eingerichtet. Ausserdem benutzt Schumann Röhren, die 1. mit einem ultraviolett durchlässigen Verschluss versehen sind und 2. solche, die eines Verschlusses ganz entbehren.

Die für Kapillarenlicht eingerichteten Röhren der ersten Art sind an einem Ende durch einen gut eingeschliffenen Stöpsel aus Quarz[2]) verschlossen. Seine polirten Endflächen liegen senkrecht zur optischen Achse. Beim Einsetzen des mit Fett überzogenen Quarzstöpsels ist Vorsicht geboten, damit kein Fett in das Innere der Röhre dringe. Man thut gut, das vordere, dünnere Ende des Stöpsels gar nicht mit Fett in Berührung zu bringen. Die von einem Stativ getragene Röhre nähert man dem Kollimator so weit, dass sich die grössere Kreisfläche des Stöpsels und die Verschlussplatte des Deckels H (Fig. 6) nahezu oder vollkommen berühren. Sehr zu beachten ist dabei noch, dass die leuchtende Kapillare in die Achse des Kollimators falle.

Die Röhren der zweiten Art, die für die Beleuchtung mit Kapillaren- und Elektrodenlicht konstruirt sein können, werden unmittelbar und ohne besonderen Verschluss mit dem Deckel H (Fig. 6) verbunden. Dadurch fällt nicht allein der lichtdurchlässige Verschluss der Röhre fort, sondern es verbleibt auch keine die

[1]) Als *Luftpumpenfett* finden auch folgende Mischungen vielfach Verwendung: Schweinefett mit weissem Wachs und Vaseline, ferner Ochsenklauenfett mit weissem Wachs; das richtige Verhältniss der Gemengtheile erhält man leicht durch Probiren.

[2]) Geeigneter noch würde Fluorit sein, doch ist die Beschaffung des dazu nöthigen Materials mit nicht unbedeutenden Kosten verknüpft.

Wirkung der brechbarsten Strahlen beeinträchtigende Luftschicht zwischen Apparat und Röhre. Diese Art Röhren besitzen an ihren Oeffnungen einen flachen, geschliffenen Rand, mit dem sie mittels Fett gegen die gleichfalls plangeschliffene Fläche des Deckels *H* geklebt werden. Das Evakuiren dieser Röhren geschieht dann am Apparat selbst und mit diesem zusammen. Eine besondere Stütze für die Röhren ist nicht erforderlich, da sie nach dem Evakuiren vollständig fest angesaugt an dem Deckel anhaften.

Für die konachsiale Verbindung der Entladungsröhren für Kapillarenlicht ist folgende Einrichtung vorgesehen. In die Bohrung des vom Spalt abgenommenen Deckels *H* wird ein zylindrischer Stahlstab eingesteckt, welcher mit einem längeren, stiftförmigen Ende versehen ist; dieses passt leicht in die Kapillare der Röhre. Steckt man letztere über erwähntes stiftförmiges Ende, dann fallen Kapillare und Kollimatorachse zusammen. Um nun die Röhre, deren Ansatzfläche mit einem Fettüberzug versehen ist, in dieser Stellung zu erhalten und sie gegen seitliche Verschiebung zu schützen, führt man die vier kleinen am Deckel *H* befindlichen Schieber *x* bis zum Rand des Röhrenansatzes und schraubt darauf dieselben fest. Den Stahlstab ersetzt man nach beendeter Zentrirung durch eine geschwärzte Hülse und verbindet den Deckel in der bekannten Art mit dem Spaltgehäuse.

Die *Einstellung des Apparates* gestaltet sich der völligen Unsichtbarkeit des äussersten ultravioletten Gebietes wegen viel weniger leicht als bei sonstigen spektrographischen Apparaten. Eine erste Orientirung bietet auch hier wie bei den Quarzspektrographen die fluoreszirende Uranglasplatte, mit der das Spektrum immerhin bis zur Wellenlänge 1852 verfolgt werden kann. Die genaue Einstellung der Linsen und Platte lässt sich indess nur durch eine grössere Reihe von Aufnahmen ermitteln. Erleichtert wird die rasche und bequeme Ausführung grösserer Aufnahmereihen durch die Skalen auf den Auszugsrohren der Objektivlinsen, die Kreistheilung auf dem Hahngehäuse, an dem die Stellung der Platte zur Linsenachse abgelesen wird, und die Einrichtung zur Verschiebung der Platte in der Vertikalen. Letztere Einrichtung würde, wenn dies wünschenswerth erscheint, es ermöglichen, etwa 50 untereinander stehende, natürlich sehr schmale Spektren auf einer Platte aufzunehmen.

Um bei der erstmaligen Einstellung möglichst schnell zum Ziele zu kommen, schlägt Schumann in systematischer Reihenfolge etwa folgendes Verfahren ein[1]). Zunächst erfolgen *Aufnahmen des fluoreszirenden Spektralgebietes.* Für die dazu erforderliche grobe Einstellung wird die Kamera durch Abschrauben von dem Kamerarohr getrennt und dafür an letzterem eine Kappe befestigt, welche eine an der Plattenstelle befindliche, unter 25° bis 30° zur Linsenachse geneigte Uranglasplatte trägt. Mit dieser wird das Licht eines Aluminiumfunkens in der Mitte der Platte aufgefangen und durch Drehen von Kamerarohr und Prisma auf das Minimum der Ablenkung eingestellt (unter Zuhülfenahme einer stark gegen die Scheibe geneigten Lupe). Hat man die grobe Einstellung so beendet, dann ersetzt man die Uranglasplatte mit ihrer Fassung wieder durch die eigentliche Kamera und sucht die feine Einstellung durch photographische Aufnahmen. Dazu ist das Küken auf etwa 30° eingestellt, der Spalt auf 0,03 bis 0,05 *mm* eingeengt, seine Länge auf 0,4 *mm* reduzirt, der Apparat evakuirt und der Aluminiumfunken in etwa 2 *mm* Abstand vor die Verschlussplatte des Spaltes gebracht; von dessen Spektrum wird unter Verschieben der Kollimatorlinse eine Reihe von Aufnahmen ausgeführt, wozu man die Platte mittels des Kamera-

[1]) V. Schumann, *a. a. O. II. Theil S. 36.*

mikrometers nach jeder Aufnahme um 0,5 *mm* (eine Trommelumdrehung) verschiebt. Bei Beginn der ersten Aufnahme stehen Kollimator- und Kameralinse in nächster Nähe des Prismas. Mit jeder folgenden Aufnahme bringt man die Kollimatorlinse dem Spalt um 2 *mm* und die Kameralinse der Platte um 2 *mm* näher.

Von den auf diese Weise auf einer Platte erhaltenen Aufnahmen wird die bei der Prüfung mit der Lupe die beste Schärfe aufweisende herausgesucht. Nun beginnt man mit einer zweiten Aufnahmereihe, bei der man den Linsenabstand, mit dem die schärfste Aufnahme erzielt wurde, als mittlere Fokaldistanz betrachtet und verschiebt die Linse um geringere Beträge, etwa um 0,3 bis 0,5 *mm*. Aus dem nunmehr erhaltenen schärfsten Spektrum ergiebt sich die *Fokalweite der Plattenmitte*, und diese erhält man unverändert fest zur *Einstellung der beiden Enden des Spektrums*, was durch eine dritte Aufnahmereihe unter Neigung der Platte zur Linsenachse geschieht. Die erste Aufnahme beginnt man bei etwa 40° und für jede folgende Aufnahme verringert man den Winkel um 1° bis 2°. Aus der erhaltenen klarsten Aufnahme findet man wie bei den Linsen jene mittlere Stellung der Platte, in welcher man unter geringeren Drehungsintervallen (etwa $^1/_2{}^0$) des Küken eine vierte Reihe ausführt.

Der gefundene Neigungswinkel der Platte bietet den Anhalt für die *Einstellung auf das Minimum der Ablenkung*. Hierzu wählt man eine der brechbarsten Linien des aufzunehmenden Spektralgebietes. Das Aufnahmeverfahren ist gleich den beiden vorhergegangenen. Als Grösse der Drehungsintervalle nehme man zuerst etwa $^1/_2{}^0$ bis $^3/_4{}^0$ und dann vielleicht 10′ (direkte Ablesung am Nonius der Alhidade 5′). Dasjenige der aufgenommenen Spektren, dessen brechbarste Linien am weitesten nach Roth hin verschoben sind, ist als das beste anzusehen.

Selbst die vollkommenste der erhaltenen Aufnahmen wird aber in einem Theil immer etwas geringere Klarheit zeigen als in den übrigen. Dies hat hauptsächlich seine Ursache darin, dass sich das Spektrum nicht auf einer ebenen, sondern auf einer gekrümmt gedachten Fläche gleichzeitig scharf abbildet. Eine gleichmässiger vertheilte Schärfe erzielt man aber auch ohne Anwendung einer gekrümmten Platte, wenn man, anstatt auf die Mitte, auf die Mitte der beiden Spektrenhälften einstellt.

Die *Belichtungsdauer* hängt natürlich von den verschiedensten Umständen ab, so z. B. von der Intensität der Lichtquelle, der Dicke der Luftschicht zwischen Lichtquelle und Kollimator, der Spaltöffnung, der photographischen Energie der aufzunehmenden Strahlen, der Empfindlichkeit der photographischen Platte u. s. w. Von einer Anzahl seiner Aufnahmen giebt Schumann *a. a. O. II. Theil S. 61 bis 64* und *Tafel V* kurze Erläuterungen, die auch Angaben über die Expositionszeiten enthalten. Diese — zwischen einigen Minuten bis zu zwei Stunden variirend — dürften als ein Anhalt für die ersten Arbeiten mit dem Vakuum-Spektrographen dienen. Es sei deshalb auch hier darauf verwiesen.

Zu seinen Aufnahmen im Vakuum bedient sich Schumann lediglich der von ihm selbst präparirten *ultraviolettempfindlichen Platten*[1]). Die Gelatine der gewöhnlichen Gelatineplatten, wie sie im Handel zu haben sind, absorbirt die brechbarsten Strahlen ganz beträchtlich. Ihr zufolge erstickt der Lichtstrahl zum grossen Theile, ehe er zu dem lichtempfindlichen Bestandtheil des Plattenüberzuges, dem Silbersalze, gelangt; daher kommt die ungenügende Ultraviolettempfindlichkeit der Handelsgelatineplatten[2]).

[1]) Vgl. V. Schumann, *a. a. O. I. Theil S. 58; a. a. O (1893) S. 994; a. a. O. II. Theil S. 34.*

[2]) Nach einer von Schumann der k. k. Akad. d. Wissensch. in Wien am 7. Februar 1895 vorgelegten Mittheilung hat er seine ultraviolettempfindliche Platte und ihr Herstellungsver-

Behufs *Regelung der Belichtungszeiten* öffnet und schliesst man einfach die Stromleitung.

Das *Entwickeln und Fixiren* geschieht am besten mit Soda und Pyrogallus und unterschwefligsaurem Natron.' Die Dauer der Entwicklung, die durchschnittlich 2 Minuten währt, misst Schumann nach dem Sekundenschlage eines Metronoms.

C. Hülfs-Instrumente zu den Spektrographen.

I. Vergrösserungsapparat.

Für gewisse Zwecke ist es erwünscht, die mit dem kleinen Modell des Quarzspektrographen und die insbesondere mit dem Vakuumapparat erhaltenen Spektrophotogramme einer Vergrösserung zu unterziehen. Hierzu dient der nachstehend beschriebene und in Fig. 7 (in $^1/_9$ nat. Gr.) abgebildete Apparat.

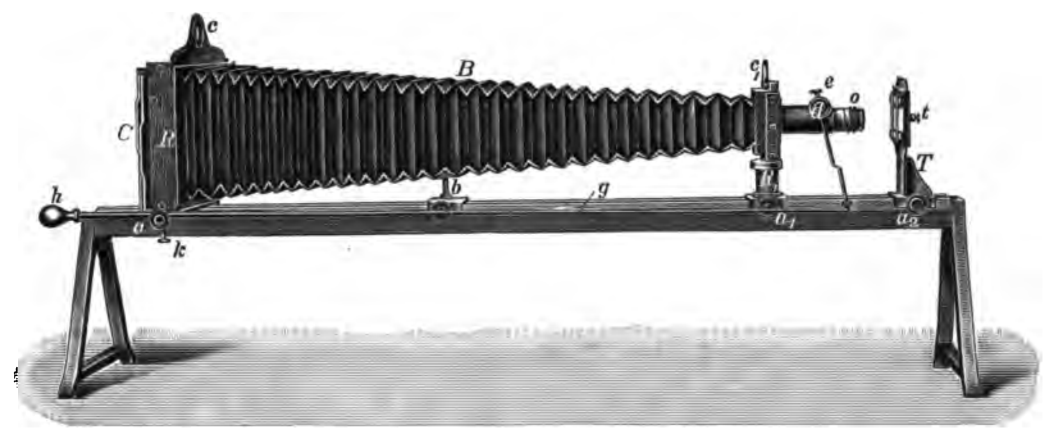


Fig. 7.

Auf einer von zwei Ständern getragenen 1 *m* langen Gleitschiene lassen sich die auf Messingschlitten montirten Hauptheile R und R_1 der Kamera, sowie der Objekttisch T verschieben und an jeder beliebigen Stelle auf der Schiene mittels der Schrauben a, a_1 und a_2 fixiren. R ist der Einschieberahmen für die, für das Format 13 × 18 *cm* eingerichteten Kassetten C, R_1 der Träger des Projektionsobjektives. Beide (R und R_1) sind durch den Anschlussbalg B mit einander verbunden. Mittels der Schiebebrettchen c und c_1 kann der Balg gewünschten Falls ausgeschaltet werden[1]. Am Niedersinken wird der Balg, wenn dieser lang ausgezogen ist, durch die auf der Schiene verschiebbare Stütze b verhindert.

Das Projektionsobjektiv o besitzt zwei zur Einstellung dienende Vorrichtungen, eine zur groben und eine zur feinen Einstellung. Die grobe Einstellung erfolgt mittels des Triebknopfes d oder durch Verschieben des Objekttisches T, die feine nach vorheriger Festklemmung der Schraube e mit Hülfe des am Ende der Stange g befind-

---

fahren noch derart verbessert, dass sich ihr lichtempfindlicher Ueberzug in einer halben Stunde herstellen lässt, dass sie empfindlicher und sauberer als die frühere Platte arbeitet, gleichzeitig die stärksten Entwickler ohne Nachtheil verträgt und durch Baden in gewöhnlichem Wasser noch mehr für das Ultraviolett sensibilisirt werden kann. Mit dieser neuen Platte gelang es Schumann, das Spektrum des Wasserstoffes noch wesentlich weiter zu verfolgen als mit der älteren.

[1]) Dass der Balg ausschaltbar eingerichtet, ist mehr eine Annehmlichkeit für den Versandt des Apparates. Man ist aber auch so ohne Umständlichkeiten in der Lage, den sehr langen Balg mit einem kürzeren jederzeit austauschen zu können.

lichen Griffes *h*. Nach erfolgter Feineinstellung klemmt man die Stange *g* mit der unter dem Rahmen *R* angebrachten Schraube *k* fest, damit durch etwaiges Berühren beim Wechseln der Kassetten die scharfe Einstellung nicht verloren geht. Bei der groben Einstellung muss die Schraube *e* gelöst sein, weil sonst eine ausgiebigere Bewegung des Trieb- oder Auszugrohres durch die Feinstellvorrichtung gehemmt ist. In den Fällen, wo die beiden Theile *R* und R_1 einander soweit genähert sind (bei schwächeren Vergrösserungen), dass man während der Einstellung auf der Visirscheibe den Triebknopf *d* bequem erreichen kann, führt man die Einstellung gleich mit letzterem aus. Ein Festklemmen der Schraube *k* ist aber auch hierbei der Sicherheit halber geboten.

Die *Verbindung des Objektivs mit dem Auszugsrohr* geschieht durch eine in letzteres einsteckbare Hülse, in welche das Objektiv geschraubt ist. Besitzt der Apparat mehrere Objektive mit verschiedenen Anschraubgewinden, so werden ebensoviel Anschlusshülsen beigegeben.

Der Tisch *T* ist so eingerichtet, dass das Photogramm in seiner Ebene in zwei zu einander senkrechten Richtungen verschoben werden kann. Die Verschiebung in der Vertikalen erfolgt freihändig durch einen auf der eigentlichen Tischplatte gleitenden Schlittenschieber, welcher durch zwei an der Rückseite von *T* befindliche Schräubchen *t* arretirbar ist. Die zweite Bewegung, in der Horizontalen, geschieht mit dem Photogramm selbst, indem man dasselbe zwischen zwei auf dem Vertikalschlitten befestigten Kulissen hin- und herschiebt. Eine an der Innenseite der unteren Kulisse befestigte weiche Uhrfeder ermöglicht es, dass die Breite der Platte keine allzu konstante sein braucht und dass ferner die Platte in jeder Stellung festgehalten wird. Beim Verschieben der Platte hat man mit den Zeigefingern nur sanft gegen die Seitenkanten der Platte zu fassen.

Damit man auch im Stande ist, bestimmte Gebiete aus dem zu vergrössernden Spektrum herauszugreifen und diese mit scharfer Begrenzung auf die Platte zu bringen, lassen sich über den erwähnten beiden Kulissen zwei geschwärzte, etwa 1,5 *cm* breite Messingstreifen leicht federnd verschieben. Die einander zugekehrten Kanten der beiden Streifen laufen schneidenartig aus und liegen nur um weniges über der Schichtseite des Photogramms, sodass dieselben bei den nicht zu hohen Vergrösserungen doch eine scharfe Begrenzung des Bildes geben. Wenn es in besonderen Fällen wünschenswerth ist, das zu vergrössernde Spektrum auch in seiner Breite einzuengen, so kann man sich leicht in der Weise helfen, dass man über die beiden Messingstreifen (Blenden für die Spektrumlänge) zwei aus schwarzem Papier oder Karton geschnittene Streifen klebt, deren Innenkanten den erforderlichen Abstand von einander besitzen und senkrecht die Spektrumlinien durchschneiden.

Das *Format*, für welches der Tisch eingerichtet ist, beträgt 30 × 65 *mm*. Dieses entspricht der Plattengrösse des kleinen Modells der Quarzspektrographen. Kleinere Formate, wie z. B. das der Platten des Vakuumapparates (12,5 × 37 *mm*), können durch Beigabe eines Schiebers, in den die Platten eingelegt werden, Anwendung finden.

Als *Lichtquelle* eignet sich trefflich das *Gasglühlicht*.

Zu besserer *Beleuchtung des Objektes* bringt man zwischen Lichtquelle und Objekttisch eine auf einem Stativ befindliche Beleuchtungslinse. Mit der dem Apparat beigegebenen Kondensorlinse erhält man bei Anwendung von Objektiven, deren Brennweiten zwischen 50 und 90 *mm* liegen, die beste Beleuchtung, wenn die Kondensorlinse etwa 18 *cm* bezw. etwa 10 *cm* vom Objekttisch und die Lichtquelle (Gasglühlicht) ungefähr 42 bis 45 *cm* von demselben entfernt ist. Lichtquelle und Beleuchtungslinse

müssen gut konachsial zum Apparat aufgestellt sein. Ob dies annähernd der Fall, kann man schon erkennen, wenn man mit einem hinter den Tisch und dann vor das Objektiv gehaltenen weissen Papier die aus der Linse austretenden Strahlen auffängt. Die beste Kontrole, ob Lampe und Kondensorlinse richtig stehen, ergiebt auch hier wieder die Aufnahme selbst.

Die *Expositionszeiten* variiren im Allgemeinen bei vorerwähnter Beleuchtungsart, je nach dem Objektiv, dessen Blendung und der Vergrösserung, zwischen einer und einigen Sekunden.

Ueber die *Wahl der geeignetsten Vergrösserung* lässt sich natürlich nichts Bestimmtes sagen. Sie ist besonders von der Schärfe des Originals abhängig. Hr. V. Schumann theilte mir einmal bei Erörterung dieses Punktes mit, dass es sich nach seinen Erfahrungen empfiehlt, im Allgemeinen über eine 10-fache Vergrösserung nicht hinauszugehen.

Als Objektive können für vorliegende Zwecke nur die besten in Frage kommen. Die Brennweite derselben darf nicht zu kurz gewählt sein, denn mit diesen vermag man nur Spektren oder Theile aus denselben von geringer Länge zur Abbildung zu bringen. Für meine Versuche standen mir zwei Objektive zur Verfügung, ein Planar von 50 *mm* Brennweite von Zeiss und ein Aplanat von 90 *mm* Brennweite von Steinheil. Ersteres umfasst z. B. bei 3-facher Vergrösserung etwa ein Gebiet von 20 *mm*. Mit dem Aplanaten von 90 *mm* Brennweite erhielt ich auf der Mattscheibe (13 × 18) bei ebenfalls 3-facher Vergrösserung eine im Original 35 bis 40 *mm* lange Strecke noch abgebildet. Steigt die Vergrösserung mit letztgenanntem Objektiv auf eine 7-fache, dann umfasste das Objektiv nur noch ein Gebiet von etwa 20 *mm* Länge.

Objektive von kürzerer Brennweite als etwa 75 *mm* zu wählen, dürfte sich kaum empfehlen. Mit einem solchen lassen sich an dem vorbeschriebenen Apparat Vergrösserungen bis zur 12-fachen erzielen. Für schwache Vergrösserungen (bis zu etwa 5-fachen) wird man einem Orthostigmat von Steinheil oder einem Anastigmat von etwa 100 bis 120 *mm* den Vorzug geben. Der grosse Bildwinkel dieser Objektivgattungen ermöglicht es auch, Spektren von grösserer Länge aufzunehmen.

Es bedarf wohl kaum besonderer Erwähnung, dass der Apparat auch ohne Weiteres zur *Vergrösserung von mikroskopischen Präparaten* u. dgl. Verwendung finden kann. Die Mikroskopobjektive (ohne Okulare benutzt) werden dann wie die übrigen Objektive mittels eines Anschlussstückes mit dem Auszugsrohr verbunden. Die Präparate, die ja meist auf Objektträgern von bekannten Formaten aufgetragen sind, können an dem Schlittentisch durch Beigabe eines Metallschiebers, in den man die Präparate einlegt, verwendbar gemacht werden. Eventuell aber nimmt man den Schlittentisch ab und klemmt die Präparate in der üblichen Art mit 2 Federn auf der gewöhnlichen Tischplatte fest.

II. Vorrichtung zum Zerschneiden lichtempfindlicher Platten.

Bisher fehlte es an einem geeigneten, sicher und zuverlässig funktionirenden Werkzeug, mit Hülfe dessen der photographirende Gelehrte in der Lage ist, sich seine lichtempfindlichen Platten (sowohl die käuflichen als auch die selbst präparirten) in die für die jeweiligen Zwecke erforderlichen Formate zu schneiden. Die nachstehend beschriebene, aus Fig. 8 (1/4 nat. Gr.) ersichtliche Vorrichtung soll dem bestehenden Mangel abhelfen.

B ist das Schneidebrett, auf welches die zu zerschneidende Platte *P* aufgelegt wird. Um ein Verziehen oder Krummwerden des Brettes zu verhindern, ist dasselbe

aus mehreren mit einander verleimten Hölzern zusammengesetzt. Als Anlage der Plattenkante, zu welcher parallel der Schnitt erfolgen soll, dienen die beiden Stifte *h* und h_1. Dieselben können in Rücksicht auf die verschiedenen Dimensionen der Platten parallel der Schnittrichtung verschoben werden. Zu diesem Ende sind die Stifte in kleine Schlittenschieber eingesetzt, welche sich in einer schwalbenschwanzförmigen Nuth, die in den mit dem Brett *B* verschraubten Messingstreifen *g* eingefräst ist, verschieben lassen. Die Oberfläche von *g* steht um Papierstärke von der Ebene des Schneidebrettes *B* zurück.

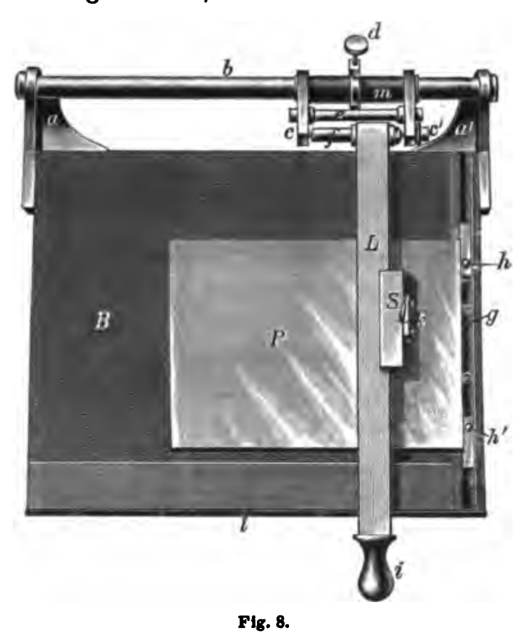


Fig. 8.

An den beiden oberen Ecken des Brettes *B* sind die beiden Messingwinkel *a* und *a'* solid befestigt. Mit diesen ist der senkrecht zur Schnittrichtung stehende, zylindrische Stahlstab fest verbunden, auf welchem sich die durch die Schraube *d* fixirbare dickwandige Hülse *m* gut passend verschieben und auch drehen lässt. Zwischen den beiden Enden der mit der Hülse *m* verbundenen Arme ist die in den Spitzen der Schrauben *c* und *c'* drehbare Achse *f* gelagert, um welche sich das aus vierkantigem Messingrohr verfertigte Schneidelineal *L* bewegen lässt. Der die beiden Arme verbindende Stab *e* dient nur zur Versteifung derselben, damit sich diese beim Festziehen der Schraube *c'* nicht auseinanderzubiegen vermögen.

Der Mittelpunkt der Achse *f* und derjenige des zylindrischen Stabes *b* liegen in der Gebrauchsstellung der Vorrichtung einige Millimeter über der Ebene des Schneidebrettes *B* und annähernd parallel zu dieser. Ist die Schraube *d* gelöst, dann bilden die Hülse *m* und die Achse *f* ein Doppelgelenk, mittels dessen es ermöglicht ist, dass sich das Schneidelineal selbst bei verschiedenen Plattendicken parallel und, ohne ein Verschieben der Platte herbeizuführen, auf letztere niederlässt. Vor dem Auflegen einer Platte schlägt man das Lineal um die Achse *f* hoch. Zum Anfassen desselben dient hierbei der Griff *i*.

Der auf dem Lineal *L* zu verschiebende winkelförmige Schlitten *S* trägt den Schneidediamanten *k*, dessen Spannvorrichtung zur Einstellung auf den günstigsten Schnitt eine geringe Neigung und natürlich auch Drehung des Diamanten zulässt. Beim Schneiden legt man den Schlitten fest gegen die rechte vertikale Fläche von *L* und zieht denselben freihändig geführt am Schneidelineal entlang. Das Lineal selbst drückt man nach vorheriger Klemmung der Hülse *m* mittels der Schraube *d* mit dem Daumen und Zeigefinger der linken Hand auf die Platte nieder. Die untere Fläche von *L* ist, damit die Platte während des Schneidens am Fortrutschen verhindert wird, mit einem dünnen Leder überzogen. Ausserdem ist gegen die vordere Seite von *B* der Messingstreifen *l* geschraubt, dessen etwa 0,25 *mm* über der Fläche von *B* vorstehende Kante noch als Anlage für die Platte dienen kann.

Die empfindliche Schicht der Platte muss beim Schneiden auf dem Brett aufliegen. Im umgekehrten Falle würde der Diamant erst die Emulsionsschicht zu durchdringen haben und ein glatter Schnitt deswegen nicht gut möglich sein.

Die Grösse der zu zerschneidenden Platten kann bis zu 18 × 18 *cm* betragen. Es steht natürlich nichts im Wege, den Apparat auch noch grösser oder kleiner anzufertigen.

Am Schlusse dieser Mittheilungen erfülle ich eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. V. Schumann für seine so freundliche und jederzeit bereitwilligste Unterstützung, die er mir mit Rath und That bei der konstruktiven Ausbildung der vorbeschriebenen Instrumente zu Theil werden liess, meinen aufrichtigsten Dank auszudrücken.

Das Laryngometer.

Von

Sigm. Exner, Prof. d. Physiologie in Wien.

Gelegentlich einer in dem unter meiner Leitung stehenden physiologischen Institute von Dr. M. Grossmann auszuführenden und nunmehr publizirten Untersuchung[1]) war ich vor die Frage gestellt, wie am zweckmässigsten die Breite der Stimmritze am lebenden Thiere und Menschen gemessen werden könnte. Diese Aufgabe genauer präzisirt lautet: es ist eine Dimension auszuwerthen, welche 1. im Raume nicht fixirt ist (wegen der unvermeidlichen Bewegungen des Kopfes und des Kehlkopfes als Ganzes), 2. das direkte Anlegen eines Maassstabes nicht ermöglicht.

Diesen beiden Bedingungen entspricht in vollkommenster Weise das Ophthalmometer von Helmholtz. Doch ist es bei dem hier vorliegenden Falle nicht zu verwerthen, weil es fest aufgestellt ist, deshalb zugleich mit einem Kehlkopfspiegel und Reflektor nicht, oder doch sicher nur unter grossen Unbequemlichkeiten gehandhabt werden könnte.

Es lag nahe, eine Modifikation dieses Instrumentes für den vorliegenden Zweck herzustellen. Das wäre leicht möglich, doch erfordert bekanntlich die Adjustirung der beiden planparallelen Glasplatten, des wesentlichsten Theiles des Apparates, bedeutende Kosten. Dagegen schien es leicht, auf billigerem Wege, wenn auch nicht ein ebenso vollkommenes, so doch ein genügendes Instrument herzustellen. Dasselbe, bisher nur in einer Fachzeitschrift für Laryngologie beschrieben[2]), möge, da die genannte Aufgabe in den verschiedensten Gebieten auftauchen kann, hier einem grösseren Leserkreise kurz mitgetheilt werden.

Der Doppelspath hat bekanntlich seinen Namen von der Eigenschaft, ein Objekt, nach welchem man durch ihn in gewissen Richtungen blickt, doppelt zu zeigen. Dreht man den Krystall um die Blickrichtung, so dreht sich das eine der Doppelbilder um das andere, als wäre es gleichsam mit dem Doppelspath in Verbindung.

Nehmen wir den einfachsten Fall. Es werde ein parallel begrenzter gerader Streifen durch den Doppelspath betrachtet und seine Breite soll gemessen werden. Man bringt zunächst Streifen oder Krystall in eine solche Lage, dass die rechten Ränder der beiden Streifenbilder in eine Gerade zusammenfallen, ebenso die linken. Dreht man nun, so verschiebt sich das eine Bild gegen das andere, bleibt ihm aber parallel. Wenn der rechte Rand des einen Doppelbildes mit dem linken des anderen zusammenfällt, so beträgt die gegenseitige Verschiebung die Breite des Streifens,

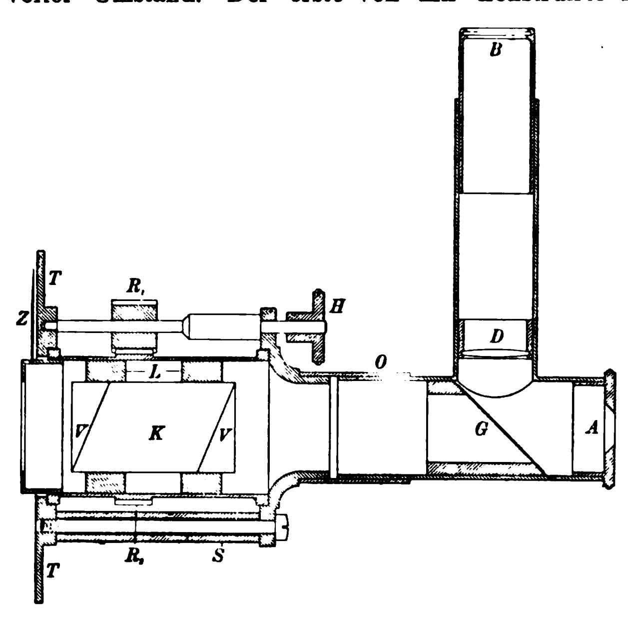
---

[1]) Experimentelle Beiträge zur Lehre von der Posticuslähmung. *Arch. f. Laryngologie* **6.**

[2]) *A. a. O.*

welche Grösse ihr Maass in der Anzahl der Winkelgrade findet, um die gedreht werden musste[1]).

Hat man es mit dem komplizirteren Fall zu thun, dass das Objekt, dessen Breite man messen will, nicht parallel begrenzt ist, dann wird es zur sicheren Abschätzung der Verschiebung um die Breite desselben vortheilhaft sein, eine Linie im Sehfelde zu haben, und die Doppelbilder so einzustellen, dass dieselbe von dem einen rechts, von dem anderen links berührt wird. Da die Strahlen der beiden Bilder aus dem Krystall parallel austreten, also nur gegeneinander verschoben und nicht abgelenkt sind, so ist es für das Resultat der Messung gleichgültig, aus welcher Entfernung das Objekt betrachtet wird, ein für die praktische Verwendung sehr werthvoller Umstand. Der erste von mir konstruirte Apparat erlaubte Messungen von Längen bis gegen 5 *mm*. Will man auch grössere Dimensionen messen, so muss ein längerer Kalkspath verwendet werden.



Nach dem Vorstehenden ergiebt sich die Konstruktion der Vorrichtung von selbst. Sie besteht (s. beistehende Figur) aus dem passend gefassten Kalkspath *K* und einer Okularvorrichtung *ABO*, welche das Bild der hellen Linie im Sehfelde entwirft. Beide Theile können bei *O* mit einander verbunden werden, es kann aber auch der erstgenannte Theil allein verwendet werden, wenn die Richtungslinie im gegebenen Fall überflüssig ist. Dann wird die Vorrichtung wie ein Operngucker in die Hand genommen, bei *O* hineingeblickt, und ein Finger der Hand an den Griffknopf *H* gelegt. Dieser ist durch Zahnräder R_1 R_2 in Verbindung mit der metallenen Fassung des Kalkspathes, welche den Zeiger *Z* trägt. Letzterer spielt an einer auf der Scheibe *TT* angebrachten Theilung, welche die Objektbreite in Millimetern direkt angiebt. Es ist selbstverständlich, dass der Krystall an seinen geneigten Flächen durch Glaskeile *VV* ergänzt und durch die Korke *L* in seiner Fassung befestigt ist.

Bei einer Messung stellt man erst den Zeiger *Z* auf den Nullpunkt der Skale und blickt nach dem Objekte, indem man dem Gehäuse eine solche Stellung giebt, dass die Doppelbilder in einer Richtung gegeneinander verschoben sind, die auf der zu messenden Dimension senkrecht steht. Dann dreht man an dem Griffknopf *H*, bis dieselben um diese Dimension gegeneinander verschoben sind, und liest nun die Grösse derselben an der Skale ab.

---

[1]) Die Konstruktion der Vorrichtung entsprang, wie gesagt, dem augenblicklichen Bedürfnisse des Laboratoriums, und ich habe mich nicht darum gekümmert, ob, wie kaum zu zweifeln war, das Prinzip der Messung schon anderweitig Anwendung gefunden hat. Um so dankbarer bin ich der Redaktion dieser Zeitschrift, die mich auf solche Anwendungen zu anderen Zwecken aufmerksam gemacht hat. (Vgl. *diese Zeitschr.* **10.** *S. 141. 1890; ebenda S. 459.*)

Ist es nöthig, die Richtungslinie im Sehfelde zu haben, so verbindet man den Kalkspath mit der Okularvorrichtung. Dieselbe besteht aus einem bei *B* angebrachten engen Spalt hinter einer matten Glasplatte, die sich als helle Linie in der dünnen Glasplatte *G* spiegelt, wenn das Auge bei *A* in das Instrument blickt. Es ist eine Linse *D* und eine Verschiebungseinrichtung zum Einstellen der hellen Linie angebracht.

Man kann natürlich auch ein mit einem Faden versehenes Fernrohr verwenden. Ich benutzte ein nicht vergrösserndes und die Objekte aufrecht zeigendes, um die Arbeit nicht zu erschweren. Wie man sieht, braucht man bei der Benutzung des Instrumentes nur eine Hand, was bei der Verwendung als Laryngometer nothwendig war, da die andere Hand den Kehlkopfspiegel führen musste.

Grossmann giebt an, dass er nach einiger Uebung die Stimmritze mit einer Genauigkeit von ein bis zwei Zehntel eines Millimeter messen konnte. Der Apparat wird von dem Mechaniker des Wiener Physiologischen Institutes, Herrn Ludw. Castagna (IX, Schwarzspanierstr. 15), ausgeführt.

Referate.

Höhenwinkelmesser.

Von Eckert & Hamann.

Herr Mechaniker Hamann in Friedenau-Berlin hat die bereits grosse Anzahl der einfachen Höhenwinkelmesser um ein neues Instrument vermehrt, das eine wesentlich weitere Skale besitzt als die sonst üblichen. Das Instrument ist ein Libellen-Instrument, auf demselben Prinzip beruhend wie das Abney-*Level* („Tesdorpf's Freihand-Höhenwinkelmesser"); man wird Pendel-Instrumente, zumal als Freihand-Instrumente, nur noch ausnahmsweise anwenden, wenn man auch selbstverständlich das Pendel durch eine einfache Arretirvorrichtung zum Feststellen einrichten und sich so vor Ablesefehlern schützen kann (erst neuerdings ist wieder ein solches Pendel-Instrument von Neuhöfer & Sohn in Wien in Verbindung mit einer Schmalkalder'schen Bussole in den Handel gebracht worden, Preis 36 fl.; es wird von Dr. W. Ule (*Geogr. Zeitschr. 3. S. 541. Leipzig 1897*), der zahlreiche Höhenmessungen mit dem Instrument gemacht, aber keine Genauigkeitsangabe veröffentlicht hat, sehr empfohlen. Ich habe es selbst nicht in der Hand gehabt und möchte deshalb nicht urtheilen). Die weite Skale an dem Hamann'schen Instrument ist einfach durch Einfügung eines Planetenrades erreicht worden, durch das der von der Diopterziellinie und Libellenachse gebildete Winkel 6-mal vergrössert wird. Bei dem mir vorliegenden Instrument sind denn auch, bei nur rund 7 *cm* Durchmesser des Theilkreises, die Gradstriche rund 4 *mm* von einander entfernt, sodass auf der Skale Striche von 10′ zu 10′ angegeben werden konnten. Ob für alle Fälle damit ein Gewinn erreicht ist, kann fraglich erscheinen; es ist der Fall für *Stativ*-Messung, wozu die eine Seite der Wendelibelle mit 1′ bis 2′ Empfindlichkeit dient und wobei man wohl auf 2′ ablesen kann; aber für *Freihand*-Messung, den wichtigern Fall der Anwendung solcher Instrumente, wobei die andre Seite der Libelle zu gebrauchen, d. h. das Instrument umzudrehen ist (übrigens ist an meinem Instrument diese Seite der Libelle doch gar zu unempfindlich, etwa 8′ bis 10′), wird man bei der Ablesung auf $^1/_{10}{}^0$ (oder höchstens $^1/_{20}{}^0$) stehen bleiben und es wäre hierfür vorzuziehen, nur die Theilstriche von 1° zu 1° (oder höchstens $^1/_2{}^0$ zu $^1/_2{}^0$) zu haben, was dann aber den zuerst genannten Gebrauch nicht zulassen würde. An sich ist jedenfalls die Vergrösserung der Skalenstriche für 1° Vielen, denen die Ablesung auf der engen Theilung kleiner Theilkreise, z. B. bei den Instrumenten von Tesdorpf, Wolz u. A., bei schlechter Beleuchtung Schwierigkeit macht, sehr willkommen. Eine Stirntheilung giebt noch die Neigung in $^0/_0$ an. Von Mittheilung meiner Genauigkeits-

versuche bei Freihandmessung sehe ich (mit Rücksicht auf die Libelle) ab; die Stativmessung (bei nicht ganz befriedigender Befestigung des Instruments, da ich kein dazu gehöriges Stativ hatte) gab einen m. F. von etwa 3′ im einmal gemessenen Höhenwinkel (das Instrument hat kein Fernröhrchen, sondern nur ein Diopter; abgelesen ist durch Schätzung auf 2′). Der Preis des sauber gearbeiteten Instruments in Etui zum Umhängen beträgt 60 M.

Hammer.

Lothvorrichtung für Nivellir- und Tachymeterlatten.

Von F. W. Koch. *Deutsche Bauzeitung 1897. S. 21.*

Der Verf. hat die Zahl der Vorrichtungen, die das Senkrechthalten der Latte vom Instrument aus zu kontroliren gestatten, um eine weitere vermehrt, die in der That manche Vorzüge vor den seither ausgeführten hat. Eine rothe „Merkscheibe" kehrt sich dem Beobachter am Instrument zu, wenn die Latte schief gehalten wird und zwar, wie der Verf. betont, „schon bei einem Schiefhalten der Latte von 8 *cm*" (die Latte 4 *m* lang vorausgesetzt); es entspricht dies allerdings auch bereits einem Winkel der Latte von mehr als 1° mit der Vertikalen (beim Nivelliren also z. B. einem Ablesungsfehler von 1 *mm* bei 4 *m* Ablesung). Immerhin ist die einfache Vorrichtung erwünscht und wird sich gewiss neben andern (z. B. der Wagner'schen) einbürgern. Sie hat, wie alle andern, ihren Hauptwerth darin, dass der Lattenträger das Bewusstsein erhält, dass man ihn vom Instrument aus kontroliren kann.

Hammer.

Ueber die Anwendung der Photographie für technische Zwecke und einige neue photographische und photogrammetrische Apparate.

Von W. Müller. *Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins* **49.** *S. 85. 1897.*

Von den hier vorgeführten neuen Apparaten seien erwähnt der nach Angaben von Ritter v. Boschan gebaute Apparat zur Beobachtung der Schwingungen eines Bahngeleises während des Vorbeifahrens eines Zuges (für die Baudirektion der Nordbahn, deren Baudirektor Reg. Rath Ast diese Beobachtungen 1894 zuerst gelangen) und die „*Reflex-Kamera*". Diese bietet den Vortheil, dass der Sucher das Bild aufrecht und in der wirklichen Grösse der Aufnahme zeigt, ferner die Beobachtung des aufzusuchenden Gegenstandes bis zum Augenblick der Aufnahme zu verfolgen ermöglicht, also Aenderungen an der Abblendung und Einstellung noch im letzten Moment gestattet. *Hammer.*

Vorarbeiten zu einer Untersuchung über Dampfdichtebestimmung bei extremen Hitzegraden.

Von V. Meyer und M. v. Recklinghausen. *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* **30.** *S. 1926. 1897.*

Die Mittheilung enthält im Wesentlichen den Bericht des an zweiter Stelle genannten Verfassers über seine umfassenden Versuche, gasdichte, feuerbeständige Gefässe zu gasometrischen Experimenten über 2000° herzustellen.

Das einzige Material, welches den höchsten Temperaturen in genügender Weise Stand hielt, war Magnesia. Zwar liess auch diese in reinem Zustand irgend welche Hoffnung auf Verwendbarkeit nicht aufkommen, da sie durch das Glühen sehr porös wurde und ein starkes Schwindungsbestreben zeigte. Dagegen konnte man die Magnesia durch gewisse Zusätze von diesen unbequemen Eigenschaften befreien. Insbesondere zeigte sich die aus einem Magnesit von Veitsch in Steiermark stammende unreine Magnesia (88,2 MgO; 0,9 CaO; 0,6 MnO; 7,1 Fe_2O_3; 0,8 Al_2O_3; 2,4 SiO_2) zum Brennen besonders geeignet. Allerdings hat dies Material, sobald es rothglühend wird, das Bestreben zu zerfallen; erhitzt man die Veitsche Magnesia jedoch einmal bis zur vollen Weissgluth, so verliert sie diese Eigenschaft der Festigkeitsabnahme bei Rothgluth vollkommen.

Zur Herstellung von Gefässen empfiehlt der Verfasser das Formen von feinem Veitscher Magnesiapulver mit kaltgesättigter Chlormagnesiumlösung. Durch Stehenlassen bei

Zimmertemperatur werden aus diesem Brei geformte Gegenstände nach 1 bis 2 Tagen steinhart und fest; beim Erwärmen auf etwa 120° bis 150° erfolgt das völlige Hartwerden schon nach etwa 1 Stunde. Das freie Formen und Kneten des Magnesia-Chlormagnesiumbreies hat wegen der geringen Plastizität des Materials bedeutende Schwierigkeiten. Der Verfasser empfiehlt daher, in Formen zu arbeiten, und zwar in solchen, die nicht Feuchtigkeit anziehen, und beschreibt das angewendete Verfahren näher an der Herstellung eines mit Ansatzrohr versehenen Hohlgefässes, wie es für Dampfdichtebestimmungen zweckmässig zu verwenden ist.

Leider ist dem Verfasser das Garbrennen so geformter Gefässe, obwohl es an kleinen Stücken möglich war, noch nicht gelungen. Der Grund hierfür lag darin, dass bisher keine Oefen von grösserer Ausdehnung vorhanden waren, welche eine derart hohe Temperatur, wie sie zum Brennen nöthig ist, ausgehalten hätten, ohne selbst zerstört zu werden und dabei das zu brennende Gefäss zu beschädigen. Doch würde sich hierin durch Anwendung Veitscher Magnesiaziegel Abhülfe schaffen lassen.

Auch Versuche, die Magnesia auf andere Weise als durch Garbrennen dicht zu machen, sind bisher noch nicht von Erfolg gekrönt gewesen. *Schl.*

Bemerkungen über die Bestimmung der Brennweite eines Objektivs.

Von H. C. Lord. *Astrophys. Journ.* ***5.*** *S. 305. 1897.*

Für Sternspektralbeobachtungen, seien sie nun optisch oder photographisch anzustellen, ist eine genaue Einstellung des Spaltes in die Fokalebene des Fernrohrobjektivs für den betreffenden Spektralbezirk, der untersucht werden soll, von grosser Wichtigkeit. Lord giebt an, dass er in der Literatur über diesen Gegenstand nichts habe finden können und daher die von ihm selbst gefundenen Methoden publiziren wolle. Es ist dies sehr wunderbar, da über die von H. C. Vogel[1]) bereits vor vielen Jahren angewandte Methode schon viel geschrieben worden ist. Dieselbe deckt sich vollständig mit der vom Verfasser zuerst gegebenen Methode und besteht in der Ermittelung des Punktes, in welchem das Spektrum eines Sterns oder eines Lichtpunktes die Einschnürung zeigt. Als zweite Methode bezeichnet Verfasser dasselbe Verfahren, nur photographisch anstatt optisch angewendet. Ein spezifischer Unterschied ist natürlich dadurch in die Methode nicht eingeführt, und jeder Astronom, der Sternspektren photographirt hat, wird diese „zweite“ Methode benutzt haben; in Potsdam z. B. ist sie vielfach angewendet worden (siehe *Publ. Astrophys. Observ. Potsdam. VII. I. Theil S. 13*).

Nach Ansicht des Referenten dürfte daher die Publikation des Hrn. Lord einem praktischen Astronomen nichts Neues bringen. *Sch.*

Ueber eine optische Methode zur Verstärkung photographischer Bilder.

Von Lord Rayleigh. *Phil. Mag.* (5) ***44.*** *S. 282. 1897.*

Die vom Verf. angegebene Methode besteht darin, dass von einem flauen Negativ zunächst ein dünnes Positiv auf einer Kollodiumplatte hergestellt wird, das mit der Schichtseite auf einen Metallspiegel fest aufgelegt wird. Die dunklen Partien des Diapositivs erscheinen dann doppelt so schwarz, weil das Licht dieselben infolge Reflexion am Metallspiegel zweimal passiren muss. Um nun von einem solchen Diapositiv kontrastreiche Negative herzustellen, wird neben der Linse des betreffenden photographischen Objektivs eine Kerze aufgestellt, deren Strahlen durch eine direkt vor dem Diapositiv angebrachte Kondensorlinse

[1]) H. C. Vogel, Ueber eine einfache Methode zur Bestimmung des Brennpunktes..... *Monatsber. d. Akad. Berlin 1880;* derselbe, Einige Beobachtungen mit dem grossen Refraktor der Wiener Sternwarte. *Publ. d. Astrophys. Obs. Potsdam. IV. 1. Theil.* Siehe ferner J. Scheiner, Spektralanalyse der Gestirne. *S. 5 u. 6*; englische Ausgabe von Frost, ebenfalls *S. 5 u. 6.* Auch von Harkness und M. Wolf ist über diesen Gegenstand publizirt worden.

parallel gemacht werden. Diese Linse muss eine solche Brennweite besitzen, dass das Bild der Kerze in den Mittelpunkt des Objektivs fällt. Damit die von den Glasflächen reflektirten Strahlen nicht störend wirken, wird die Kondensorlinse etwas schräg gestellt und ausserdem vor dem Diapositiv eine schwach keilförmige Glasplatte mittels Terpentinöl angebracht.

W. J.

Bestimmung der Kapazität mit der Waage.

Von V. v. Lang. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse* ***106, IIa.*** *1897.*

Die hier angegebene Methode zur Bestimmung der Kapazität von Kondensatoren beruht auf der Anziehung, welche eine von Wechselstrom durchflossene, feste Spule auf eine bewegliche, an einer Waage aufgehängte Spule ausübt, wenn diese durch einen Kondensator geschlossen wird. Die Abhängigkeit dieser Anziehung G von der Kapazität C wird durch die theoretisch abgeleitete, nur für kleine C gültige Formel $G = PC\,(1 + \alpha C)$ dargestellt, in welcher P und α Konstanten bedeuten. Die Konstanten werden durch die Messung der Anziehung bestimmt, welche für zwei bekannte Kapazitäten auftritt; dann kann die Vorrichtung zur Messung unbekannter Kapazitäten dienen. Die mit dieser Methode erreichte Genauigkeit ist nicht sehr gross. *W. J.*

Ueber eine neue optische Methode zum Studium von Wechselströmen.

Von H. Abraham und H. Buisson. *Compt. rend.* ***125.*** *S. 92. 1897.*

Die Methode der Verfasser beruht auf Untersuchungen von Bichat und Blondlot, wonach die Drehung der Polarisationsebene eines Lichtstrahles in einem magnetischen Felde augenblicklich den Aenderungen dieses Feldes folgt. Um nun die gleichzeitig mit den Stromschwingungen erfolgenden Schwingungen der Drehung der Polarisationsebene für Messungen brauchbar zu machen, beleuchten die Verfasser den Apparat immer nur in dem Augenblick, wo der Strom eine bestimmte Phase durchschreitet, und kompensiren die dieser augenblicklichen Stromstärke entsprechende Drehung der Polarisationsebene durch einen direkt messbaren, konstanten Strom.

Der Apparat ist folgendermaassen konstruirt: Eine beiderseits mit planparallelen Platten verschlossene Glasröhre ist mit einer Flüssigkeit von grossem Drehungsvermögen gefüllt und in einen Halbschattenapparat eingesetzt. Auf die Röhre sind hintereinander zwei Spulen von gleicher Windungszahl geschoben. Als Lichtquelle dient der Entladungsfunken eines Kondensators, der durch eine Induktionsspule geladen wird. Das eine Ende der Primärspule steht mit einem metallischen Ring in Verbindung, der auf der Welle der Wechselstrommaschine sitzt und an einer Stelle aufgeschnitten ist, das andere Ende mit einer Bürste, die auf diesem Ringe schleift. Sobald also die Bürste die Unterbrechungsstelle des Ringes passirt, blitzt der Entladungsfunke auf. Dies geschieht dann offenbar immer zu einer Zeit, wo der Wechselstrom dieselbe Phase besitzt. Durch Drehen des Ringes erhält man andere Phasen.

Zunächst wird nun der Analysator auf gleiche Helligkeit der beiden Hälften des Gesichtsfeldes eingestellt; alsdann wird der zu untersuchende Wechselstrom durch die eine die Glasröhre umhüllende Spule geschickt und ein konstanter Strom durch die andere; die Stärke des letzteren wird so lange verändert, bis die beiden Hälften des Halbschattenapparates wieder gleiche Helligkeit zeigen. Dann ist die durch einen Strommesser gemessene Stromstärke gleich der Intensität des Wechselstroms für den betreffenden Augenblick. Durch langsames Verstellen des aufgeschlitzten Ringes erhält man so durch einzelne Punkte die Wechselstromkurve.

Die Verfasser bilden eine Stromkurve ab, welche einen in der Primärwicklung eines Transformators mit Eisenkern verlaufenden Strom darstellt. *E. O.*

Namen- und Sach-Register.

d'**A**bbadie, Bouquet de la Grye u. Bassot, Bericht üb. eine Abhandl. von Jäderin, seine neue Basismethode betreffend 92.
Abraham, H. u. Buisson, H., Neue optische Methode zum Studium von Wechselströmen 376.
Aimo, F. A., Beobacht. üb. die durch die Temperaturveränder. hervorgerufenen Fehler geodät. Instr. 63.
Aktinometrie: Aktinometr. Beobacht. am Montblanc, Crova, Houdaille 90.
Akustik: App. z. kontinuirlich. u. gleichmässig. Veränder. der Tonhöhe, Stern 156.
Albrecht, E., Kymographion nach Prof. Hürthle 29. — Erwiderung dazu von S. S. Epstein 30.
Albrecht, T., Vergleich. der opt. und der photogr. Beobachtungsmethode zur Bestimm. der Breitenvariation 22.
Astronomie: Photogr. Bestimmungsweise der Polhöhe, Marcuse 22. — Am photogr. u. am visuellen Zenithteleskop erhaltene Resultate, Schnauder, Hecker 22. — Vergleich. der opt. und der photogr. Beobachtungsmethode zur Bestimm. der Breitenvariation, Albrecht 22. — Doppelbildmikrometer z. Mess. kleiner Durchmesser, Bigourdan 124. — Neue Art d. Unterstütz. grosser Spiegel, Ritchey 220. — Biegung u. Theilungsfehler d. Kreise am Meridian-Instr. zu Albany, Boss 248. — Aufstell. v. Spiegelteleskopen, Wadsworth 280. — Vorzüge d. Reflektoren üb. d. Refraktoren von grossen Dimensionen bei astrophysikal. Untersuch., Hale 281. — Instrumentalaberrationen u. astronom. Beugung d. Lichtes, Strehl 301. — Chamberlin-Sternwarte in Denver 315. — App. z. Ausmessung v. Sternphotogr. 344. — Bemerk. über die Bestimm. der Brennweite eines Objektivs, Lord 375.
Auftrageapparat s. Geodäsie VII.
Ausdehnung (s. auch Maassstäbe): Methode d. photogr. Registrir. zum Studium d. Ausdehnung von Flüssigkeiten, Berget 58. — Absolute Bestimm. d. Ausdehn. des Wassers, Thiesen, Scheel, Diesselhorst 87. — Thermische Ausdehn. v. Nickel-Stahl-Legir. u. ihre metrolog. Eigenschaften, Guillaume 155. — Thermometer f. sehr tiefe Temperaturen u. d. Wärmeausdehn. d. Petroläthers, Kohlrausch 189. — Tafeln f. d. Ausdehn. d. Wassers mit der Temperatur, Scheel 331. — Physikal. Eigenschaften v. Nickel-Stahl-Legirungen, Guillaume 344.

Baggi, V., Graphisch-numerische Aufnahme m. Hülfe d. Viotti'schen Messtisch-Tachymeter-App. 187. — Neues automat. Tachymeter 248.
Barometer s. Meteorologie I.
Barr u. Stroud, Fest aufgestellter Entfernungsmesser 117.
Barus, C., Interferenzial-Induktionswaage 286.
Basismessungen s. Geodäsie I.
Bassot, s. d'Abbadie.
Beckmann, E., Beiträge z. Bestimm. v. Molekulargrössen IV; Neuer. an den App. 57.
Becquerel, H., Erklärung einiger Versuche v. G. Le Bon 347.
Beilplanimeter s. Planimeter.
Bennett, A., App., der Konvektionsströme anzeigt, u. seine Verwend. als Kalorimeter 220.
Berget, A., Methode d. photogr. Registrir. zum Studium d. Ausdehn. von Flüssigkeiten 58.
Bigourdan, G., Vergleich. v. Uhren m. nahezu gleichem Gange 119. — Doppelbildmikrometer z. Mess. kleiner Durchmesser 124.
Boccardo, E., Mit Doppeltheilung versehene Distanzmess-Latte 320.
Bohn, C., Notiz z. Polarplanimeter 54.
Bogenlampen s. Elektrizität V.
Bose, J. Chunder, App. z. Studium aller Eigenschaft. elektr. Wellen 90.
Boss, L., Biegung u. Theilungsfehler d. Kreise am Meridian-Instr. zu Albany 248.
Bouquet de la Grye, s. d'Abbadie.
Braun, F, Verfahren z. Demonstration und z. Studium d. zeitlichen Verlaufs variabler Ströme 316.
Broca, A., Absolutes astatisches Galvanometer v. hoher Empfindlichkeit 190.
Brodhun, E., Vorricht. z. Ablesen einer rotirenden Theilung, Reichsanstalt 10.
Buisson, H., s. Abraham.
Burkhardt, A., Leibniz'sche Rechenmaschine 247.
Butenschön, G., Libellenquadrant 186.

Cadmiumlampe s. Lampen.
Campbell, A., Veränder., die in weichen Metallen durch dauernden Zug hervorgerufen werden 287.
Colardeau, E., Röntgen'sche Röhre 92.
Coradi, G., Spezialkatalog üb. freischwebende Präzisions-Pantographen u. üb. Instr. z. mechan. Integration 127.
Crova u. Houdaille, Aktinometrische Beobacht. am Montblanc 90.
Cyclesograph s. Zeichenapparate.

Dampfdichtebestimmung: Vorarbeiten zu einer Untersuchung über Dampfdichtebestimm. bei extremen Hitzegraden, Meyer, von Recklinghausen 374.
Demonstrationsapparate: Präzisions-Bodendruckapp., Hartl 28. — Schwimmer, Hartl 56. — App. z. Untersuch. d. Druckes in Flüssigkeiten, Hartl 89. — Waagegalvanometer, Müller 126. — Trommelrheostat, Müller 158. — App. z. Demonstrat. periodischer Kurven, Sresnewsky 158. — Drehwaage f. absolute Mess., Strecker 191. — Selbstschreibende Atwood'sche Fallmaschine, Schreber 204. — App. zu messenden Versuchen üb. Rückstoss, Ausflussgeschwindigkeiten u. Ausflussmengen, Hartl 222. — App. z. Demonstrat. d. Fizeau'schen Phänomens, Pulfrich, Zeiss 239. — Neue Nebenapp. f. d. Schwungmaschine, Hartl 250. — Elektromagnet. Rotationsapparat, König 254. — App. z. Veranschaulich. der Entsteh. d. Passate, Hartl 283. — Verfahren z. Demonstr. und zum Studium d. zeitlichen Verlaufs variabler Ströme, Braun 316. — Modell d. Kreiselpumpe und d. Kreiselgebläses, Hartl 346.
Diesselhorst, H., s. Thiesen.

Distanzmesser s. Entfernungsmesser.
Dolezalek, F., Hochempfindl. Quadrantenelektrometer, Institut für phys. Chemie und Elektrochemie, Göttingen 65.
Doppelbildmikrometer s. Mikrometer.
Doppelspath s. Optik II.
Ducretet, E., u. L. Lejeune, Sicherheitshahn f. Ballons mit komprimirten od. verflüssigten Gasen 26.
Dunkeles Licht s. Optik I.
Dynamometer s. Elektrizität III.

Ebert, H., s. E. Wiedemann.
Eckert & Hamann, Höhenwinkelmesser 373.
Eikurvenzeichner s. Zeichenapparate.
Eisen s. Metalle.
Elektrizität: I. Theorie: Experimentelle Bestimm. d. Temperatur in Geissler'schen Röhren, Wood 60. — Methode z. Bestimm. d. Wechselzahl oszillirender Ströme, Meyer 61. — Veränder., die in weichen Metallen durch dauernden Zug hervorgerufen werden, Campbell 287. — Verfahren z. Demonstration u. zum Studium d. zeitlichen Verlaufs variabler Ströme, Braun 316. — Neue Bestimm. d. kritischen Geschwindigkeit, Hurmuzescu 348. — Bestimm. d. Kapazität mit der Waage, von Lang 376. — Neue optische Methode z. Studium v. Wechselströmen, Abraham, Buisson 376. — II. Elemente u. Batterien. — III. Messinstrumente: Hochempfindliches Quadrantenelektrometer, Dolezalek 65. — App. z. Studium aller Eigenschaften elektrischer Wellen, Bose 90. — Helmholtz'sches absolutes Elektrodynamometer, Kahle 97. — Absolutes Elektrometer z. Mess. kleiner Potentialdifferenzen, Pérot, Fabry 125. — Waagegalvanometer, Müller 126. — Transportables Kapillarelektrometer m. neuer Einstellvorricht. u. horizontaler Kapillare, Westien 137. — Trommelrheostat, Müller 158. — Absolutes astatisches Galvanometer v. hoher Empfindlichkeit, Broca 190. — Drehwaage f. absolute Messungen, Strecker 191. — Interferenzial-Induktionswaage, Barus 286. — IV. Mikrophone, Telephone, Grammophone, Phonographen u. s. w. — V. Beleuchtung: Herstell. v. Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüllung, Gumlich, Reichsanstalt 161. — VI. Allgemeines: Neuer Unterbrecher f. Induktionsspulen 27. — Beiträge z. Bestimm. v. Molekulargrössen IV; Neuer. an den App. (Unterbrecher), Beckmann 57. — Elektr. Kontakt d. Hauptuhr des öffentl. Zeitdienstes in Paris, Tisserand 187. — Cadmiumlampe zum Hervorbringen von Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz, Hamy 223. — Elektromagnet. Rotationsapp., König 254.
Elektrometer s. Elektrizität III.
Ellipsen s. Kurven.
Entfernungsmesser (s. a. Geodäsie VI): Fest aufgestellter Entfernungsmesser v. Barr und Stroud 117. — Zur Geschichte d. Distanzmess., Hammer 278. — Verwend. doppeltbrechender Krystallsubstanz, Wulff 292.
Epstein, S. S., Erwiderung auf E. Albrecht, Kymographion nach Prof. Hürthle (*diese Zeitschr. 17. S. 29. 1897*) 30.
Ertel, T., & Sohn, Röther's Spiegelkippregel m. Bussole 117.
Ewing, J. A., App. z. Prüf. d. magnet. Eigenschaften v. Eisenproben 190.
Exner, S., Laryngometer 371.

Fabry, Ch., u. A. Pérot, Mess. v. Platten sehr geringer Dicke in absolutem Maass; Herstell. v. Normalen z. opt. Mess. dünner Luftschichten 124. — Absolutes Elektrometer z. Mess. kleiner Potentialdifferenzen 125.
Fallmaschine s. Schwere u. Demonstrationsapparate.
Fernrohre: Einfluss d. chromatisch. Korrektion auf die Lichtstärke u. Definition d. Bilder, Strehl 50. — Farbenabweichung d. Fernrohre u. d. Auges, Strehl 77. — Notiz dazu 128. — Vorzüge der Reflektoren über die Refraktoren von grossen Dimensionen bei astrophysikal. Untersuchung., Hale 281. — Instrumentalaberrationen und astronom. Beugung des Lichtes, Strehl 301.
Feuchtigkeitsmesser s. Meteorologie III.
Flüssigkeiten: Methode d. photogr. Registrir. zum Studium d. Ausdehn. von Flüssigkeiten, Berget 58. — App. z. Untersuch. d. Druckes in Flüssigk., Hartl 89. — Methode z. Mess. d. Dampfdruckes von Flüssigkeiten, Lord Kelvin 122. — Thermometer f. sehr tiefe Temperaturen u. die Wärmeausdehn. des Petroläthers, Kohlrausch 189.
Flüssigkeitsprismen s. Optik II.
Fuchs, P., Einfacher Siedeapp. z. Molekulargewichtsbestimm. 190.
Fuess, R., Lupenstativ mit Polarisation, Leiss 59. — Neuere Projektionsapp.; Neue Spektrometer; Universalgoniometer u. Krystallrefraktometer, Leiss 285. — Neuere spektrophotogr. App., Leiss 321, 357.

Galle, A., Aeltere Niveauprüfer 48.
Galvanometer s. Elektrizität III.
Gase: Maschine z. Erziel. niedrigster Temperaturen, z. Gasverflüssig. und z. mechanisch. Trennung v. Gasgemischen, Linde 24. — Sicherheitshahn f. Ballons mit komprimirten od. verflüssigten Gasen, Ducretet, Lejeune 26. — Experimentelle Untersuch. üb. d. absolute Wärmeleitungskonstante der Luft, Müller 58.
Gentilli, Beil-Planimeter 93.
Geodäsie: I. Basismessungen: Bericht üb. eine Abhandl. von Jäderin, seine neue Basismethode betreffend, d'Abbadie, Bouquet de la Grye, Bassot 92. — Basismess. im Chamonix f. d. neue Triangulir. des Montblanc-Massivs, Vallot 116. — II. Astronomisch-geodätische Instrumente s. Astronomie. — III. Apparate zum Winkelabstecken. — IV. Winkelmessinstrumente und Apparate für Topographie: Neue Phototheodoliten von Prof. Koppe, P. Kahle 33. — Verschieb. von Alhidade gegen Limbus bei den Repetitionstheodoliten französ. Form, Nippa 93. — Röther's Spiegelkippregel m. Bussole, Ertel & Sohn 117. — Zur Geschichte d. Theodolits 224. — Kurzes Peil- u. Kartirungsverfahr. unter Benutz. eines Messtisches, Musset 351. — Anwend. d. Photogr. f. technische Zwecke und einige neue photogr. u. photogrammetr. App., Müller 374. — V. Höhenmessinstrumente und ihre Hülfsapparate: Neuer Messlatten-Reduktor, Hammer 31. — Libellenquadrant v. Butenschön 186. — Nivellirlatte mit Nonienvorricht., Lehrke 242. — Höhenwinkelmesser, Eckert & Hamann 373. — VI. Tachymetrie: Sanguet'sches Tachymeter, Petzoldt 31. — Streckenmessen in polygonalen Zügen, Tichý 62. — Bemerkungen zu vorstehendem Referat von Hammer, Tichý 317. — Zur Geschichte d. Schiebetachymeter, Puller 63. — Anwend. der Photographie auf die Detailaufnahmen z. Montblanc-Karte in 1 : 20000, Vallot 116. — Versuche mit d. Sanguet'schen Tachymeter, Petzoldt 117. — Fest aufgestellter Entfernungsmesser v. Barr und Stroud 117. — Graphisch-numerische Aufnahmen m. Hülfe d. Viotti'schen Messtisch-Tachymeter-App., Baggi 187. — Neues automat. Tachymeter, Baggi 248. — Zur Geschichte der Distanzmessung, Hammer 278. — Neue Form des selbstreduzirenden Tachymeters, Reina 287. — Mit Doppeltheilung versehene Distanzmess-Latte, Boccardo 320. — VII. Hülfs- und Nebenapparate: J. G. Repsold's Heliotrope, Repsold 1. — Das Stangenplanimeter, insbesondere ein Stangenplanimeter mit Rolle, Hamann 30. — Auftrage-

App., Seyfert 32. — Aeltere Niveauprüfer, Galle 48. — Notiz z. Polarplanimeter (*diese Zeitschr. 16. S. 361. 1896*), Bohn 54. — Notiz dazu von E. Hammer 96. — Libellenprüfer, Raina 54. — Beobacht. üb. die durch die Temperaturveränderung hervorgerufenen Fehler geodät. Instr., Aimo 63. — Beil-Planimeter, Gentilli 93. — Mönkemöller'sches Planimeter, Hüser 93. — Kontrol-Schienen f. gewöhnliche Polarplanimeter, Hammer 115. — Rechenschieber f. Meliorations-Rechnungen 118. — Zur Geschichte d. Heliotrops, Hammer 201. — Mathemat. Theorie d. Planimeters v. Lippincott, Wolcott 224. — Lothvorrichtung für Nivellir- u. Tachymeterlatten, Koch 374.

Geschichte: J. G. Repsold's Heliotrope, Repsold 1. — Aeltere Niveauprüfer, Galle 48. — Zur Geschichte d. Schiebetachymeter, Puller 63. — Aelteste Quecksilberthermometer, Hellmann 122. — Zur Geschichte d. Heliotrops, Hammer 201. — Zur Geschichte d. Theodolits 224. — Leibniz'sche Rechenmaschine, Jordan, Burkhardt 247. — Zur Geschichte d. Distanzmess., Hammer 278.

Glas (s. a. Laboratoriumsapparate): Dauernde Deformation d. Glases und Verschiebung des Nullpunktes der Thermometer, Marchis 26. —

Göttingen, Institut f. physikal. Chemie u. Elektrochemie, Hochempfindl. Quadrantenelektrometer, Dolezalek 65.

Goniometer s. Krystallographie u. Optik II.

Gouy, Temperaturregulator 346.

Grützmacher, F., Untersuch. u. Verbess. Fuess'scher Siedeapp. z. Höhenmessen 193.

Grunmach, L., Lehrb. d. magnet. und elektr. Maasseinheiten, Messmethoden u. Messapp. 64.

Günther, O., Neue Phototheodoliten von Prof. Koppe, P. Kahle 32.

Guillaume, Ch. E., Thermische Ausdehn. v. Nickel-Stahl-Legirungen u. ihre metrolog. Eigenschaften 155. — Physikal. Eigenschaften v. Nickel-Stahl-Legirungen 344.

Gumlich, E., Herstellung v. Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüll., Reichsanstalt 161.

— u. K. Scheel, Vergleich. zwischen Stab- u. Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten, Reichsanstalt 353.

Gundelfinger, S., Tafeln z. Berechn. der reellen Wurzeln sämmtl. trinomischer Gleichungen 159.

Guyou, E., Gyroskop-Horizont des Admiral Fleuriais 23.

Gyroskop-Horizont s. Nautik.

Hähne s. Werkstatt I.

Hale, G. E., Vorzüge d. Reflektoren üb. d. Refraktoren v. grossen Dimensionen bei astrophysikal. Untersuch. 281.

Halle, G., Universal-Schleifapp. f. d. Handgebrauch zur Herstell. v. orientirten Krystallpräparaten 55. — Präzisions-Winkelmesser für rechtwinkl. Prismen 138.

Hamann, J., Das Stangenplanimeter, insbesondere ein Stangenplanimeter mit Rolle 30. — s. a. Eckert & Hamann.

Hammer, E., Neuer Messlatten-Reduktor 31. — Kontrol-Schienen f. gewöhnliche Polarplanimeter 115. — Zur Geschichte d. Heliotrops 201. — Zur Geschichte d. Distanzmess. 278.

Hamy, M., Cadmiumlampe z. Hervorbringen v. Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz 223.

Hartl, H., Präzisions-Bodendruckapp. 28. — Schwimmer 56. — App. z. Untersuch. d. Druckes in Flüssigkeiten 89. — App. zu messenden Versuchen üb. Rückstoss, Ausflussgeschwindigkeiten und Ausflussmengen 222. — Neue Nebenapp. f. d. Schwungmaschine 250. — App. z. Veranschaulich. der Entsteh. d. Passate 283. — Modell d. Kreiselpumpe und d. Kreiselgebläses 346.

Hartmann, J., Satz der Thermometrie 14. — Empfindlichkeit d. Thermometer in Flüssigkeiten 131.

Hecker, O., s. Schnauder.

Heliotrope s. Geodäsie VII.

Hellmann, G., Aelteste Quecksilbertherm. 122. — Neuer registrirender Regenmesser 284.

Helmholtz, H. v., Handb. d. Physiolog. Optik 128.

Hoffmann, W., Schott'sche Kompensationsthermometer 257.

Horizonte s. Nautik.

Houdaille s. Crova.

Hüser, Mönkemöller'sches Planimeter 93.

Hurmuzescu, M., Neue Bestimm. d. kritischen Geschwindigkeit 348.

Hypsometrisches Lineal s. Meteorologie I.

Induktionswaage s. Elektr. III.

Interferenz s. Optik.

Jaumann, G., Automat. Quecksilberluftpumpe 243.

Jordan, W., Handbuch d. Vermessungskunde 94. — Leibniz'sche Rechenmaschine 247.

Kahle, K., Helmholtz'sches absolutes Elektrodynamometer 97.

Kahle, P., Neue Phototheodoliten von Prof. Koppe, O. Günther 33.

Kalorimeter s. Wärme II.

Karawaiew, W., Verbesserter Thermostat ohne Gasbenutz. 121.

Kathetometer s. Maassstäbe.

Kelvin, Lord, Methode z. Mess. d. Dampfdruckes v. Flüssigkeiten 122.

Kerber, A., Beiträge z. Dioptrik 256, 320.

Kippregel s. Geodäsie IV.

Kirchhoff, G., Vorlesungen üb. mathemat. Physik 192.

Koch, F. W., Lothvorricht. f. Nivellir- u. Tachymeterlatten 374.

König, W., Elektromagnet. Rotationsapp. 254.

Kohlrausch, F., Thermometer f. sehr tiefe Temperaturen u. die Wärmeausdehn. des Petroläthers 189.

Kreistheilungen s. Theilungen.

Krigar-Menzel, O., s. Richarz.

Krystallographie: Universal-Schleifapp. f. d. Handgebrauch zur Herstell. v. orientirten Krystallpräparaten, Halle 55. — Lupenstativ mit Polarisation, Leiss, Fuess 59. — Neuere Projektionsapp.; Neue Spektrometer; Universalgoniometer u. Krystallrefraktometer, Leiss, Fuess 285.

Kurven: Techn. Untersuch. üb. die Rektifikation d. Ellipse und die elliptischen u. hyperelliptischen Integrale, Williot 94. — App. z. Demonstrat. periodischer Kurven, Sresnewsky 158. — Monticolo's Cyclesograph 187. — Eikurvenzeichner, Rebiček 289.

Kymographion s. Physiologische Apparate.

Laboratoriumsapparate: Beiträge z. Bestimm. v. Molekulargrössen IV; Neuer. an den App., Beckmann 57. — Verbesserter Thermostat ohne Gasbenutz., Karawaiew 121. — Meth. z. Mess. d. Dampfdruckes v. Flüssigkeiten, Lord Kelvin 122. — Einfacher Siedeapp. z. Molekulargewichtsbestimmung, Fuchs 190.

Lampen: Herstell. v. Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüllung, Gumlich, Reichsanstalt 161. — Cadmiumlampe z. Hervorbringen v. Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz, Hamy 223.

v. Lang, V., Bestimm. d. Kapazität mit d. Waage 376.

Latten s. Geodäsie VI.

Lannoy, S. De, Neuer Arretirungsmechanismus f. Präzisionswaagen 261.

Lehrke, J., Nivellirlatte m. Nonienvorricht. 242.

Leiss, C., Lupenstativ mit Polarisation, Fuess 59. — Neuere Projektionsapp.; Neue Spektrometer; Universalgoniometer und Krystallrefraktometer, Fuess 285. — Neuere spektrophotogr. App., Fuess 321, 357.

Lejeune, L., s. Ducretet.

Libellenprüfer s. Geodäsie VII.

Libellenquadrant s. Geodäsie V.

Linde, C., Maschine z. Erziel. niedrigster Temperaturen, z. Gasverflüssig. und z. mechanisch. Trennung v. Gasgemischen 24.
Linsen s. Optik II.
Lippmann, G., Vergleich. d. Ganges zweier Pendel von nahezu gleicher Schwingungsdauer 118.
Literatur (neu erschienene Bücher): Handwörterbuch der Astronomie, Valentiner 32. — Hermann v. Helmholtz als Mensch u. Gelehrter, Epstein 32. — Kalender f. Elektrochemiker u. technische Chemiker u. Physiker f. d. J. 1897, Neuburger 32. — Neueste Anschauungen üb. Elektrizität, Lodge 32. — Messinstr. d. Technikers, Breslauer 32. — *Relative Determin. of Gravity with half-second Pendulum and other Pendulum investing*, Putnam 32. — *Report on a geological examination of some Coast and Geodetic Survey Gravity Stations*, Gilbert 32. — Theodolit für magnet. Landesaufnahmen, Wild 32. — Astron.-geodät. Arbeiten 32. — Handb. d. physiolog. Optik, v. Helmholtz 32, 128. — Horizontalpendelbeobacht. im Meridian zu Strassburg i. E., Ehlert 32. — Lehrb. d. magnet. u. elektr. Maasseinheiten, Messmethoden u. Messapp., Grunmach 64. — Prakt. Leitfaden d. Gewichtsanalyse, Jannasch 64. — Handwörterb. z. Gesch. d. exakten Wiss., Poggendorff 64. — Die dynamoelektr. Maschinen, Thompson 64, 160, 288. — Handb. d. Maass-Analyse, Bersch 64. — Fortschritte d. Physik im J. 1895 64. — Handb. d. Vermessungskunde, Jordan 94, 288. — Klassiker der exakten Wissensch., Ostwald 96. — Hauptsätze d. Differential- u. Integral-Rechnung, Fricke 96. — Verbesserte Konstruktionen magnet. Unifilar-Theodolite, Wild 94. — *Practical Electricity*, Ayrton 94. — Spezialkatalog über freischwebende Präzisions-Pantographen und über Instrumente zur mechanischen Integration, Coradi 127. — Tabellen f. Gasanalysen etc., Lunge 128. — Tafeln z. Berechn. d. reellen Wurzeln sämmtl. trinomischer Gleichungen, Gundelfinger 128, 159. — Astron.-geodät. Arbeiten 128. — Vorlesungen üb. theoret. Physik, v. Helmholtz 128. — Akkumulatoren f. stationäre elektr. Anlagen, Heim 128. — Grundzüge e. thermodynamischen Theorie elektrochemischer Kräfte, Bucherer 128. — Grundriss d. Differential- u. Integral-Rechnung, Kiepert 128. — Vorlesungen üb. mathemat. Physik, Kirchhoff 128, 192. — Ergebnisse der auf der Charkower Universitäts-Sternwarte mit dem v. Rebeur'schen Horizontalpendel angestellten Beobachtgn, Lewitzky 160. — Erweiter. d. Satzes vom Reversionspendel, Baisch 160. — *Astronomie élémentaire*, Favre 160. — *Leçons sur l'électricité, professées à l'Institut électrotechnique Montefiore annexé à l'Université de Liége*, Gérard 160. — *Flexure of Telescopes*, Updegraff 160. — *Pocketbook of electrical Rules and Tables for use of Electricians and Engineers*, Munro u. Jamieson 160. — *Outlines of Electricity and Magnetism*, Perkins 160. — Jahrbuch d. Astronomie u. Geophysik, Klein 160. — *Les Applications de l'Electricité*, Sageret 160. — *Textbook on Electromagnetism and the Construction of Dynamos*, Jackson u. Price 160. — Hülfstafeln f. praktische Messkunde nebst logarithm.-trigonom. Tafeln, Müller 192. — Atlas d. Himmelskunde auf Grundlage d. Ergebnisse d. coelestischen Photographie, v. Schweiger-Lerchenfeld 192. — Elektr. Wechselströme, Kapp 192. — *Applications de l'Electricité dans la Marine*, Callou 192. — *Physics*, Knott 192. — Mitth. d. Materialprüfungs-Anstalt am Eidgenöss. Polytechnikum in Zürich, Tetmayer 192. — Dynamomaschinen f. Gleich- u. Wechselstrom u. Transformatoren, Kapp 192. — Der Schall, Tyndall 256. — Nautische Tafeln, Fulst 256. — Nautische Tafeln f. Nord- u. Ostsee, Matthies 256. — Magnetische Kraftfelder, Ebert 256. — Beiträge zur Dioptrik, Kerber 256, 320. — Photometrie der Gestirne, Müller 256. — Photographie der Gestirne Scheiner 256. — Physikalisches Praktikum m. besond. Berücksichtig. d. physikal.-chem. Methoden, Wiedemann, Ebert 288. — *Leçons sur l'Electricité et le Magnetisme*, Mascart, Joubert 288. — *Elementary Treatise on geometrical Optics*, Heath 288. — *The Theory of Electricity and Magnetism, being lectures on mathematical Physics*, Webster 288. — Neues System zur elektrischen Vertheilung der Energie mittels Wechselströmen, Ferraris, Arnò 320. — Grundzüge der Wechselstrom-Technik, Rühlmann 320. — Elemente d. mathematischen Theorie der Elektrizität u. des Magnetismus, Thomson 320. — Ausführliches Lehrbuch d. Chemie, Roscoe, Schorlemmer 320. — Handb. d. niederen Geodäsie, Hartner 320. — Handb. d. mechan. Technologie, Karmarsch 320. — Zur Geschichte u. Theorie d. photogr. Teleobjektivs mit besond. Berücksichtig. der durch d. Art seiner Strahlenbegrenz. bedingten Perspektive, v. Rohr 351. — Vorlesungen üb. die Prinzipe d. Mechanik, Boltzmann 352. — Populärwissenschaftl. Vorlesungen, Mach 352. — *Astronomia nautica*, Naccari 352. — *Traité de Géodésie tachéométrique ou le Tachéomètre à la portée de tous*, Henry 352. — *Theory of Electricity and Magnetism*, Curry 352. — *Potentiometer and its adjuncts*, Fisher 352.
Lord, H. C., Bemerk. über die Bestimmung der Brennweite eines Objektivs 375.
Luftpumpen: Aenderung an Quecksilberl., Neesen 129. — Automat. Quecksilberl., Jaumann 243.
Lumière, A. u. L., Anwend. d. Photographie auf die Mess. von Brechungsquotienten 316.
Lummer, O., Beiträge z. photograph. Optik 208, 225, 264.
Lunge, G., Tabell. f. Gasanalysen 128.
Lupen s. Optik II.

Maassstäbe u. Maassvergleichungen: Genauigkeit d. Pointir. bei Längenmaassvergleichung; Persönliche Gleich. bei Längenmaassvergleich., Stadthagen 31. — Einfaches und genaues Kathetometer, Wadsworth 55. — Doppelbildmikrometer zur Messung kleiner Durchmesser, Bigourdan 124. — Messung von Platten sehr geringer Dicke in absolutem Maass; Herstellung von Normalen z. opt. Mess. dünner Luftschichten, Fabry, Pérot 124. — Methode, Marken u. Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen, Martens 298.
Magnetismus und Erdmagnetismus: App. z. Prüf. der magnet. Eigenschaften v. Eisenproben, Ewing 190. — Drehwaage f. absolute Mess., Strecker 191. — Einfluss d. Magnetisir. auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes, Zeeman 223. — Physikal. Eigenschaften von Nickel-Stahl-Legirungen, Guillaume 344.
Marchis, L., Dauernde Deformationen d. Glases und Verschiebung d. Nullpunktes der Thermometer 26.
Marcuse, A., Photogr. Bestimmungsweise der Polhöhe 22.
Mareographen s. Wasserstandsanzeiger.
Martens, F. F., Methode, Marken u. Theilstriche auf Glas hell auf dunkl. Grunde sichtbar zu machen 298.
Meridianinstrumente s. Astronomie.
Messtischapparate s. Geodäsie VI.
Metalle und Legirungen: Therm. Ausdehn. v. Nickel-Stahl-Legir. u. ihre metrolog. Eigenschaften, Guillaume 155. — App. z. Prüf. der magnet. Eigenschaften v. Eisenproben, Ewing 190. — Veränder., die in weichen Metallen durch dauernden Zug hervorgerufen werden, Campbell 287. — Physikal. Eigenschaften von Nickel-Stahl-Legirungen, Guillaume 344.

Meteorologie (Thermometer s. Thermometrie): I. Barometer, Aneroïde: Barometrisch. Rechenstab (hypsometrisches Lineal), Sresnewsky 335. — II. Anemometer (Windmesser). — III. Feuchtigkeitsmesser: Experimentelle Untersuch. d. Assmann'schen Psychometers, Svensson 23. — Geschütztes Schleuderthermometer, Sresnewsky 114. — IV. Regenmesser (Fluthmesser, Pegel s. Wasserstandsanzeiger): Neuer registrirender Regenmesser, Hellmann 284. — V. Allgemeines: App. z. Veranschaulich. der Entstehung d. Passate, Hartl.
Meyer, G. W., Methode zur Bestimmung der Wechselzahl oszillirender Ströme 61.
Meyer, V. u. v. Recklinghausen, M., Vorarbeiten z. einer Untersuch. üb. Dampfdichtebestimmungen bei extremen Hitzegraden 374.
Mikrometer (Mikrometerschrauben s. Schrauben): Doppelbildmikrometer z. Mess. kleiner Durchmesser, Bigourdan 124. — Verwend. doppeltbrechender Krystallsubstanz, Wulff 292.
Mikroskopie: Theorie d. opt. Bilderzeug. mit besonderer Berücksichtig. d. Mikroskops, Lord Rayleigh 156. — Mikroskopische Wahrnehmung, Stoney 252. — Mikroskop u. Lupe z. Betracht. grosser Schnitte, Nebelthau 252.
Mikrotome: Neuer. an Mikrotomen 255.
Monticolo, Cyclesograph 187.
Müller, E., Experimentelle Untersuch. über die absolute Wärmeleitungskonstante der Luft 58.
Müller, Fr. C. G., Waagegalvanometer 126. — Trommelrheostat 158.
Müller, W., Anwd. d. Photographie f. technische Zwecke u. einige neue phot. u. photogrammetr. App. 374.
Musset, M., Kurzes Peil- u. Kartirungsverfahren unter Benutz. e. Messtisches 351.

Nautik (Kompasse s. diese): Gyroskop-Horizont des Admiral Fleuriais, Guyou 23.
Nebelthau, E., Mikroskop u. Lupe z. Betracht. grosser Schnitte 252.
Neesen, F., Aender. an Quecksilberkolbenluftpumpen 129.
Nichols, E. F., Radiometer als Messinstr. d. Energie im ultrarothen Spektrum u. d. Verhalten d. Quarzes gegen langwellige Strahlung 123.
Nickel-Stahl s. Metalle.
Nippa, Verschieb. von Alhidade gegen Limbus bei d. Repetitionstheodoliten französ. Form 93.
Niveauprüfer s. Geodäsie VII.
Nivellirlatte s. Geodäsie V.
Nonien s. Theilungen.

Optik: I. Theorie: Einfluss d. chromatisch. Korrektion auf die Lichtstärke u. Definition d. Bilder, Strehl 50. — Farbenabweichung d. Fernrohres u. d. Auges, Strehl 77. — Notiz dazu 128. — Radiometer als Messinstr. d. Energie im ultrarothen Spektrum u. d. Verhalten d. Quarzes gegen langwellige Strahlung, Nichols 123. — Doppelbildmikrometer z. Mess. kleiner Durchmesser, Bigourdan 124. — Mess. v. Platten sehr geringer Dicke in absolutem Maass; Herstell. v. Normalen z. opt. Messung dünner Luftschichten, Fabry, Pérot 124. — Theorie d. opt. Bilderzeug. mit besonderer Berücksichtig. d. Mikroskops, Lord Rayleigh 156. — Lichtstärke d. Beugungsbilder in absolut. Maass, Strehl 165. — Beiträge z. photogr. Optik, Lummer 208, 225, 264. — Cadmiumlampe z. Hervorbringen v. Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz, Hamy 223. — Einfluss d. Magnetisir. auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes, Zeeman 223. — App. z. Demonstrat. d. Fizeau'schen Phänomens, Pulfrich, Zeiss 239. — Mikroskopische Wahrnehmung, Stoney 252. — Bedingungen f. d. Verzeichnungsfreiheit opt. Systeme mit besond. Bezugnahme auf die bestehenden Typen photogr. Objektive, v. Rohr 271. — Instrumentalaberrationen u. astronom. Beugung d. Lichtes, Strehl 301. — Anwend. d. Photogr. auf die Mess. v. Brechungsquotienten, Lumière 316. — Berechnung zweilinsiger Objektive, Steinheil 338. — „Dunkeles Licht" u. Durchlässigkeit d. Ebonits f. Licht, Perrigot 347. — Erklärung einiger Versuche v. G. Le Bon, Becquerel 347. — Bemerkung über die Bestimmung der Brennweite eines Objektivs, Lord 375. — II. Methoden und Apparate der praktischen Optik: Vorrichtung z. Ablesen einer rotirenden Theilung, Brodhun, Reichsanstalt 10. — Universal-Schleifapp. f. d. Handgebrauch zur Herstell. v. orientirt. Krystallpräparaten, Halle 55. — Lupenstativ mit Polarisation, Leiss, Fuess 59. — Präzionswinkelmesser für rechtwinkl. Prismen, Halle 138. — Mikroskop u. Lupe z. Betracht. grosser Schnitte, Nebelthau 252. — Neue Form von Flüssigkeitsprismen ohne feste Wände, Wadsworth 253. — Neuere Projektionsapp.; neue Spektrometer; Universalgoniometer und Krystallrefraktometer, Leiss, Fuess 285. — Verwend. doppeltbrechender Krystallsubstanz, Wulff 292. — Neuere spektrophotogr. App., Leiss, Fuess 321, 357. — Laryngometer, Exner 371. — Optische Methode zur Verstärkung photogr. Bilder, Lord Rayleigh 375.
Optische Gläser s. Optik II.

Pacher, G., s. Vicentini.
Pegel s. Wasserstandsanzeiger.
Pendel und Pendelmessungen: Methode, das Mitschwingen bei relativen Schweremess. zu bestimmen, Schumann 7. — Besondere Form invariabler Pendel, Wilsing 109. — Vergleich. d. Ganges zweier Pendel v. nahezu gleicher Schwingungsdauer, Lippmann 118. — Vergleich. v. Uhren m. nahezu gleichem Gange, Bigourdan 119.
Pérot, A., s. Fabry.
Perrigot, „Dunkeles Licht" und Durchlässigkeit d. Ebonits f. Licht 347.
Petroläther s. Flüssigkeiten.
Petzoldt, M., Sanguet'sches Tachymeter 31. — Versuche mit d. Sanguet'schen Tachymeter 117.
Photographie: Photogr. Bestimmungsweise der Polhöhe, Marcuse 22. — Am photogr. u. am visuellen Zenithteleskop erhaltene Resultate, Schnauder, Hecker 22. — Vergleich. der opt. und der photogr. Beobachtungsmethode zur Bestimm. der Breitenvariation, Albrecht 22. — Neue Phototheodoliten von Prof. Koppe, Kahle 33. — Methode d. photogr. Registrir. zum Studium d. Ausdehn. von Flüssigkeiten, Berget 58. — Beiträge z. photogr. Optik, Lummer 208, 225, 264. — Bedingungen f. d. Verzeichnungsfreiheit opt. Systeme mit besond. Bezugnahme auf die bestehenden Typen photogr. Objektive, v. Rohr 271. — Anwend. d. Photogr. auf die Mess. von Brechungsquotienten, Lumière 316. — Neuere spektrophotogr. App., Leiss, Fuess 321, 357. — App. z. Ausmess. v. Sternphotogr. 344. — „Dunkeles Licht" u. Durchlässigkeit d. Ebonits f. Licht, Perrigot 347. — Erklärung einiger Versuche v. G. Le Bon, Becquerel 347. — Anwendung der Photogr. und photogrammetr. App., Müller 374. — Optische Methode z. Verstärkung photograph. Bilder, Lord Rayleigh 375.
Photometrie: Durchlässigkeit u. Photometrie der X-Strahlen, Roiti 27.
Phototheodolite s. Geodäsie IV.
Physikalisch-Technische Reichsanstalt s. Reichsanstalt.
Physiologische Apparate: Kymographion nach Prof. Hürthle, Albrecht 29. — Erwiderung von Dr. S. S. Epstein 30. — Laryngometer, Exner 371.
Planimeter s. Geodäsie VII.
Pluviograph s. Meteorologie IV.
Polarisation: Lupenstativ mit Polarisation, Leiss, Fuess 59.
Polarplanimeter s. Geodäsie VII.

Polhöhe s. Astronomie.
Prismen (Polarisationsprismen s. Polarisation): Präzisions-Winkelmesser f. rechtwinkl. Prismen, Halle 138.
Projektionsapparate s. Optik II.
Psychrometer s. Meteorologie III.
Pulfrich, C., App. z. Demonstrat. d. Fizeau'schen Phänomens, Zeiss 239.
Puller, Zur Geschichte d. Schiebetachymeter 63.

Quadrante s. Geodäsie V.
Quecksilberluftpumpen s. Luftpumpen.
Quecksilberthermometer s. Thermometrie.

Radiometer s. Optik.
Raina, M., Libellenprüfer 54.
Rayleigh, Lord, Theorie d. opt. Bilderzeug. mit besonderer Berücksichtig. des Mikroskops 156. — Optische Methode z. Verstärkung photogr. Bilder 375.
Rebiček, G., Eikurvenzeichner 289.
Rechenapparate: Rechenschieber f. Meliorations-Rechnungen 118. — Leibniz'sche Rechenmaschine, Jordan, Burkhardt 247. — Barometrischer Rechenstab (hypsometrisches Lineal), Sresnewsky 335.
v. Recklinghausen, M., s. Meyer.
Reflexionsinstrumente: Vorzüge d. Reflektoren üb. d. Refraktoren v. grossen Dimensionen bei astrophysikal. Untersuch., Hale 281.
Refraktor s. Astronomie.
Regenmesser s. Meteorologie IV.
Reichsanstalt, Physikalisch-Technische: Vorricht. z. Ablesen einer rotirenden Theilung, Brodhun 10. — Thätigkeitsbericht der Reichsanstalt 140, 172. — Herstell. v. Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüll., Gumlich 161. — Vergleich. zwischen Stab- u. Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten, Gumlich, Scheel 353.
Reina, V., Neue Form d. selbstreduzirenden Tachymeters 287.
Repsold, J. A., J. G. Repsold's Heliotrope 1.
Rheostat s. Elektrizität III.
Richarz, F., u. O. Krigar-Menzel, Gravitationskonstante u. mittlere Dichtigkeit d. Erde, bestimmt durch Wägungen 119.
Ritchey, G. W., Neue Art der Unterstütz. grosser Spiegel 220.
Röntgen-Strahlen: Durchlässigkeit u. Photometrie der X-Strahlen, Roiti 27. — Röntgen'sche Röhre, Colardeau 92.
v. Rohr, M., Bedingungen f. d. Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besond. Bezugnahme auf die bestehenden Typen photograph. Objektive 271. — Zur Geschichte u. Theorie d. photograph. Teleobjektivs mit besond. Berücksichtig. der durch d. Art seiner Strahlenbegrenz. bedingten Perspektive 351.
Roiti, A., Durchlässigkeit u. Photometrie der X-Strahlen 27.
Rotationsapparate: Elektromagnet. Rotationsapp., König 254.

Scheel, K., Tafeln f. d. Ausdehnung d. Wassers mit der Temperatur 331. —, s. a. Thiesen, Gumlich.
Schleifen u. Schleifapparate s. Optik II und Werkstatt I.
Schnauder, M., u. O. Hecker, Am photogr. u. am visuellen Zenithteleskop erhaltene Resultate 22.
Schleuderthermometer s. Thermometrie u. Meteorologie III.
Schreber, K., Selbstschreibende Atwood'sche Fallmaschine 204.
Schumann, R., Methode, das Mitschwingen bei relativen Schweremess. zu bestimmen 7.
Schwere und Schweremessungen: Methode, das Mitschwingen bei relativen Schweremess. zu bestimmen, Schumann 7. — Gravitationskonstante u. mittlere Dichtigkeit d. Erde bestimmt durch Wägungen, Richarz, Krigar-Menzel 119. — Selbstschreibende Atwood'sche Fallmaschine, Schreber 204.
Schwerer, A., Gyroskop-Horizont des Admiral Fleuriais 23.
Schwungmaschinen s. Demonstrationsapparate.
Seibt, W., Ablesevorricht. f. Aufzeichnungen selbstthät. Pegel. — Selbstthät. Druckluftpegel, System Seibt-Fuess 81.
Seismometrie: Betracht. über Seismographen, Vicentini, Pacher 282. — App. z. Studium d. Schwankungen des Erdbodens, Vicentini 282.
Seyfert, Auftrage-App. 32.
Siedeapparate s. Wärme II.
Sozziani, A., Bestimm. d. Wasserwerthes v. Thermometern bei kalorimetr. Untersuch. 251.
Spektralanalyse: Herstell. v. Arons'schen Bogenlampen mit Amalgamfüllung, Gumlich, Reichsanstalt 161. — Cadmiumlampe z. Hervorbringen v. Interferenzstreifen grosser Gangdifferenz, Hamy 223. — Neuere Projektionsapp.; Neue Spektrometer; Universalgoniometer u. Refraktometer 285. — Neuere spektrophotogr. App., Leiss, Fuess 321, 357.
Spiegel: Neue Art d. Unterstütz. grosser Spiegel, Ritchey 220.
Sresnewsky, B., Geschütztes Schleuderthermometer 114. — App. z. Demonstrat. periodischer Kurven 158. — Barometrischer Rechenstab (hypsometrisches Lineal) 335.
Stadthagen, H., Genauigkeit der Pointir. bei Längenmaassvergleich.; Persönliche Gleich. bei Längenmaassvergleich. 31.
Stangenplanimeter s. Geodäsie VII.
Steinheil, R., Berechn. zweilinsiger Objektive 338.
Stern, L. W., App. z. kontinuirlich. u. gleichmäss. Veränder. der Tonhöhe 156.
Stoney, G. J., Mikroskopische Wahrnehmung 252.
Streckenmessung s. Geodäsie VI.
Strecker, K., Drehwaage f. absolute Mess. 191.
Strehl, K., Einfluss d. chromatisch. Korrektion auf die Lichtstärke u. Definition d. Bilder 50. — Farbenabweichung der Fernrohrobjektive u. des Auges 77. — Lichtstärke d. Beugungsbilder in absolut. Maass 165. — Instrumentalaberrationen u. astronom. Beugung d. Lichts 301.
Stroud s. Barr.
Svensson, A., Experimentelle Untersuch. d. Assmann'schen Psychrometers 23.

Tachymetrie s. Geodäsie VI.
Teleskope s. Fernrohre.
Temperaturregulatoren: Verbesserter Thermostat ohne Gasbenutz., Karawaiew 121. — Temperaturregulator, Gouy 346.
Thätigkeitsbericht der Phys.-Techn. Reichsanstalt s. Reichsanst.
Theilungen: Vorricht. z. Ablesen einer rotirenden Theilung, Brodhun, Reichsanstalt 10. — Nivellirlatte mit Nonienvorricht., Lehrke 242. — Biegung und Theilungsfehler d. Kreise am Meridian-Instr. zu Albany, Boss 248. — Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen, Martens 298.
Theodolite s. Astronomie und Geodäsie.
Thermometrie: Satz der Thermometrie, Hartmann 14. — Dauernde Deformationen d. Glases und Verschiebung des Nullpunktes des Therm., Marchis 26. — Geschütztes Schleudertherm., Sresnewsky 114. — Aelteste Quecksilbertherm., Hellmann 122. — Empfindlichkeit d. Thermometer in Flüssigkeiten, Hartmann 131. — Thermometer f. sehr tiefe Temperaturen und die Wärmeausdehn. des Petroläthers, Kohlrausch 189. — Untersuch. u. Verbesser. Fuess'scher Siedeapp. z. Höhenmessen, Grützmacher 193. — Bestimm. d. Wasserwerthes von Thermometern bei kalorimetrischen Untersuchungen, Sozziani 251. — Schott'sche Kompensationsthermometer, Hoffmann 257. — Apparat zur Vergleich. von Thermometern, Watson 315. — Vergleich. zwischen Stab- und Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten, Gumlich, Scheel, Reichsanstalt 353.
Thermostaten s. Temperaturregulatoren.

Thiesen, M., K. Scheel und H. Diesselhorst, Absolute Bestimm. d. Ausdehn. des Wassers 87.
Tichý, A., Streckenmessen in polygonalen Zügen 62. — Bemerkungen dazu 317.
Tisserand F., Elektr. Kontakt der Hauptuhr des öffentl. Zeitdienstes in Paris 187.

Uhren (Chronometer s. diese): Vergleichung von Uhren mit nahezu gleichem Gange, Bigourdan 119. — Elektr. Kontakt d. Hauptuhr des öffentl. Zeitdienstes in Paris, Tisserand 187.
Unterbrecher s. Elektr. III.
Unterrichtsapparate s. Demonstrationsapparate.

Vakuumpumpen s. Luftpumpen.
Vallot, H., Basismess. im Chamonix für d. neue Triangulir. des Montblanc-Massivs 116.
— J. u. H., Anwendung der Photographie auf die Detailaufnahmen zur Montblanc-Karte 116.
Vicentini, G., App. z. Studium d. Schwank. d. Erdbodens 282.
— u. G. Pacher, Betracht. über Seismographen 282.

Waagen und Wägungen: Gravitationskonstante u. mittlere Dichtigkeit d. Erde, bestimmt durch Wägungen, Richarz, Krigar-Menzel 119. — Neuer Arretirungsmechanismus f. Präzisionswaagen, De Lannoy 261.
Wadsworth, F. L. O., Einfaches u. genaues Kathetometer 55. — Neue Form von Flüssigkeitsprismen ohne feste Wände 253. — Aufstell. von Spiegelteleskopen 280.
Wärme: I. Theorie: Methode der photogr. Registrir. zum Studium d. Ausdehn. von Flüssigkeiten, Berget 58. — Experimentelle Untersuch. üb. d. absolute Wärmeleitungskonstante der Luft, Müller 58. — Absolute Bestimm. der Ausdehn. des Wassers, Thiesen, Scheel, Diesselhorst 87. — Methode z. Mess. d. Dampfdruckes von Flüssigkeiten, Lord Kelvin 122. — Bestimm. d. Wasserwerthes von Thermometern bei kalorimetr. Untersuch., Sozziani 251. — Tafeln f. d. Ausdehnung d. Wassers mit der Temperatur, Scheel 331. — Vorarbeiten z. Untersuch. über Dampfdichtebestimm. bei extremen Hitzegraden, Meyer, v. Recklinghausen 374. — II. Apparate (Thermometer s. Thermometrie): Maschine zur Erzielung niedrigster Temperaturen, zur Gasverflüssigung u. zur mechanisch. Trennung von Gasgemischen, Linde 24. — Beiträge z. Bestimm. v. Molekulargrössen IV; Neuer. an den App., Beckmann 57. — Verbesserter Thermostat ohne Gasbenutzung, Karawaiew 121. — Einfacher Siedeapp. z. Molekulargewichtsbestimm., Fuchs 190. — Untersuch. und Verbesser. Fuess'scher Siedeapp. z. Höhenmessen, Grützmacher 193. — App., der Konvektionsströme anzeigt, u. seine Verwend. als Kalorimeter, Bennett 220.
Wasser: Absolute Bestimm. d. Ausdehn. d. Wassers, Thiesen, Scheel, Diesselhorst 87. — Tafeln für die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur, Scheel 331.
Wasserstandsanzeiger (Fluthmesser, Pegel): Ablesevorrichtung f. Aufzeichnungen selbstthät. Pegel, Seibt 21. — Selbstthät. Druckluftpegel, System Seibt-Fuess 81.
Watson, W., App. zur Vergleich. von Thermometern 315.
Widerstände s. Elektrizität III.
Werkstatt: I. Apparate u. Werkzeuge: Sicherheitshahn f. Ballons mit komprimirten od. verflüssigten Gasen, Ducretet, Lejeune 26. — Universal-Schleifapp. f. d. Handgebrauch zur Herstell. v. orientirten Krystallpräparaten, Halle 55. — Präzisions-Winkelmesser für rechtwinklige Prismen, Halle 138. — II. Rezepte.
Westien, H., Transportables Kapillarelektrometer mit neuer Einstellvorricht. u. horizontaler Kapillare 137.
Wiedemann, E., und H. Ebert, Physikalisches Praktikum mit besond. Berücksichtig. der physikal.-chem. Methoden 288.
Williot, V., Techn. Untersuchung. über die Rektifikation der Ellipse und die elliptischen u. hyperelliptischen Integrale 94.
Wilsing, J., Besondere Form invariabler Pendel 109.
Winkelmesser s. Werkstatt I.
Wolcott, T., Mathemat. Theorie d. Planimeters von Lippincott 224.
Wood, R. W., Experimentelle Bestimm. d. Temperatur in Geissler'schen Röhren 60.
Wulff, L., Verwend. doppeltbrechender Krystallsubstanz 292.

X-Strahlen s. Röntgenstrahlen.

Zeeman, P., Einfluss d. Magnetisir. auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes 223.
Zeichenapparate: Monticolo's Cyclesograph 187. — Eikurvenzeichner, Rebiček 289.
Zeiss, C., Apparat z. Demonstrat. d. Fizeau'schen Phänomens, Pulfrich 239.
Zeitbeobachtungen s. Astronomie, Pendel und Uhren.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITS...

INSTRUMENTEN...

Organ

für

Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wiss...

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. F...**
E. Hammer in Stuttgart, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. ...**
in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Rep...**
J. A. Repsold in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Siebzehnter Jahrgang.

1897.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

E. Gumlich und K. Scheel, Vergleichung zwischen Stab- und Einschlussthermometern aus gleichen Glassorten S. 353. — **C. Leiss**, Ueber neuere spektrographische Apparate (Schluss) S. 357. — **S. Exner**, Das Laryngometer S. 371. — Referate: Höhenwinkelmesser S. 373. — Lothvorrichtung für Nivellir- und Tachymeterlatten S. 374. — Ueber die Anwendung der Photographie für technische Zwecke und einige neue photographische und photogrammetrische Apparate S. 374. — Vorarbeiten zu einer Untersuchung über Dampfdichtebestimmung bei extremen Hitzegraden S. 374. — Bemerkungen über die Bestimmung der Brennweite eines Objektivs S. 375. — Ueber eine optische Methode zur Verstärkung photographischer Bilder S. 375. — Bestimmung der Kapazität mit der Waage S. 376. — Ueber eine neue optische Methode zum Studium von Wechselströmen S. 376. — Namen- und Sachregister: S. 377.

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1897.

Hierzu: Beiblatt (Vereinsblatt d. Deutschen Gesellschaft f. Mechanik u. Optik.) — Nr. 22 u. 23.

Leipzig,
Mülhausen i. E.,
München,
Münster i. W.,
Nürnberg,
Posen,
Saarbrücken,
Stuttgart,
s'Gravenhage,
Kopenhagen,
Madrid,
Stockholm.

Tokio,
Johannesburg (Süd-Afrika),
Mexico,
Rio de Janeiro.

Wien.

Eigene Bureaux
in
Brünn, Budapest, Lemberg,
Prag, Triest.

Fig. 1.

L. Kabisch, Karlsruhe.

C. Krimping, Breslau, Kattowitz,
Waldenburg.

Richard Lüders, Görlitz.

Oscar Schöppe, Leipzig.

Armin Tenner, Berlin,
Cottbus.

Société anonyme luxembourgeoise d'Electricité,
Luxemburg.

Société pour les applications générales de l'Electricité,
Brüssel.

Teknisk Bureau
Wisbech & Meinich, Christiania.

H. Mandl & Co., Tientsin,
Shanghai.

Germann & Co., Manila.

Nederlandsch-Indische Electriciteit Maatschappy, Batavia.

Teil ist dadurch gemässigt, dass der Kupferrahmen an einer Stelle aufgeschnitten ist und seine beiden Enden durch ein zwischengesetztes Elfenbeinstück getrennt sind. Das Elfenbeinstück ist durch einen an beide Enden des aufgeschnittenen Rahmens angelöteten, dünnen Draht von passendem Widerstand überbrückt. Diese Vorrichtung giebt dem Instrument auch bei geöffnetem Stromkreise eine vorteilhafte Dämpfung. Der andere Teil der Dämpfung hat seinen Ursprung in den Strömen, die in den Windungen der beweglichen Spule bei ihrer Bewegung durch das Feld der Magnete inducirt werden. Dieser Teil ist in der Grösse von dem Widerstand abhängig, durch welchen das Galvanometer geschlossen wird. Um demselben bis zu der Grenze, wo das Galvanometer kurz geschlossen wird, einen geeigneten Wert zu erteilen, erhalten die Galvanometer im Instrument untergebrachte Vorschaltwiderstände von entsprechender Grösse.

Die Galvanometer werden in drei Formen gebaut:

1. **Galvanometer für hohe Empfindlichkeit.** Diese haben einen Spulenwiderstand einschliesslich der Zuleitungen von etwa 400 Ohm und einen Vorschaltwiderstand von etwa 9600 Ohm. Der Gesamtwiderstand ist auf genau 10000 Ohm abgeglichen. Für 1 mm Ausschlag bei 1 m Scalenabstand erfordert das Instrument etwa $0{,}085 \cdot 10^{-8}$ Amp.

Fig. 2.

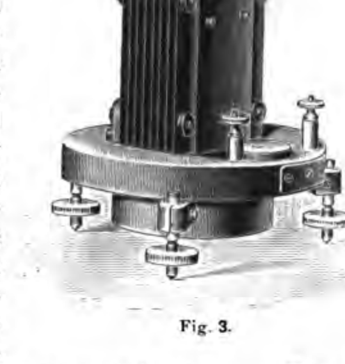


Fig. 3.

geringer als bei den aus Kupferdraht bestehenden Nebenschlusswiderständen für Spiegelgalvanometer mit beweglichem Magnetsystem.

Bei Ladungsmessungen durch direkten Ausschlag unter Benutzung verschiedener Nebenschlüsse würde wegen der dadurch veränderlichen Dämpfung der hier beschriebenen Spiegelgalvanometer ein Fehler entstehen können. Dieser Fehler ist durch einen besonders konstruirten Nebenschlusswiderstand dadurch beseitigt, dass das Galvanometer immer durch denselben Widerstand, auch bei Benutzung verschiedener Nebenschlüsse, geschlossen bleibt. Dieser Nebenschlusswiderstand ist ohne Weiteres auch für Isolationsmessungen zu verwenden.

Der wesentlichste Vorteil dieser Deprez-Spiegelgalvanometer gegen die bisher gebräuchlichen mit beweglichem Magnetsystem besteht darin, dass sie von Störungen des erdmagnetischen Feldes infolge ihres eigenen sehr kräftigen Magnetfeldes unabhängig sind. Diese Eigenschaft wird diesen Spiegelgalvanometern überall dort den Vorzug geben, wo durch bewegte Eisenmassen, durch starke, veränderliche Ströme, z. B. durch im Gebiete elektrischer Bahnen hervorgerufene Erdströme, Störungen des erdmagnetischen Feldes am Beobachtungsplatz nicht zu vermeiden sind.

SIEMENS & HALSKE

Figur 1 stellt ein Spiegelgalvanometer mit feststehendem Magnetsystem und beweglicher Spule dar. Instrumente dieser Type sind unter dem Namen Deprez - d'Arsonval - Galvanometer bekannt. Fig. 2 und 3 zeigen die beiden Hauptbestandteile des Instrumentes: Fig. 2 das nach Lösen zweier Schrauben herausziehbare Messingrohr, welches den Eisenkern und die bewegliche Spule trägt, Fig. 3 das Magnetsystem, welches von sechs nebeneinander befindlichen Hufeisenmagneten gebildet wird. Der als dickwandiger Hohlcylinder konstruirte Eisenkern, der sich zwischen den Polschuhen befindet, dient dazu, das Feld möglichst gleichförmig zu gestalten und damit die Proportionalität der Ausschläge zu sichern. In dem Raume zwischen Hohlcylinder und Polschuhen ist an einem feinen, aus Phosphorbroncedraht gewalzten Bande, das gleichzeitig den Spiegel trägt, ein Kupferrahmen, auf dem die Wicklung sich befindet, aufgehängt. Das Metallband und eine feine Spiralfeder, die am unteren Ende der Spule befestigt ist, dienen als Stromzuführung. Mit Hilfe einer an der Vorderseite sichtbaren Arretirvorrichtung lässt sich die bewegliche Spule für den Transport feststellen.

Das Ausrichten des Instrumentes und das Freimachen der beweglichen Spule geschieht in bekannter Weise mit Hilfe der Fussschrauben. Eine auf dem Sockel angebrachte Dosenlibelle dient hierbei als Hilfsmittel.

Um die Dämpfung keine zu grossen Werte annehmen zu lassen und damit die Schwingungs-

Diese Type ist für sehr empfindliche Messungen, z. B. Messung hoher Widerstände (Isolationen), Messung von Ladungen und dergl. bestimmt.

2. **Galvanometer für geringe Empfindlichkeit.** Spulenwiderstand und Zuleitungen haben etwa 20 Ohm, der Vorschaltwiderstand hat etwa 180 Ohm Widerstand. Der Gesamtwiderstand beträgt genau 200 Ohm. Für 1 mm Ausschlag bei 1 m Scalenabstand erfordert das Instrument etwa $3 \cdot 10^{-8}$ Amp.

Dieses Instrument ist vor allem zum Messen geringer Widerstände geeignet.

3. **Galvanometer für hohe und geringe Empfindlichkeit.** Das Instrument erhält beide Spulensysteme für hohe und geringe Empfindlichkeit, die leicht auswechselbar sind; ausserdem sind im Instrument beide Vorschaltwiderstände untergebracht. Drei Klemmen dienen hier zur Stromzuführung und zwar liegt zwischen Klemme 1 und 2 der Gesamtwiderstand von 10 000 Ohm, wenn das System für hohe Empfindlichkeit eingesetzt ist, und zwischen Klemme 2 und 3 der Gesamtwiderstand von 200 Ohm, wenn das System für geringe Empfindlichkeit eingesetzt ist.

Bei Type 1 und 2 können mittelst einer dritten Klemme, bei Type 3 mittelst einer vierten Klemme die Spulen allein auch ohne die Vorschaltwiderstände benutzt werden.

Da der wesentlichste Teil des Instrumenten-Widerstandes, nämlich der Vorschaltwiderstand, aus Manganindraht besteht, ist es zulässig, die Nebenschlusswiderstände ebenfalls aus Man-



Nachrichten von

SIEMENS & HALSKE

AKTIENGESELLSCHAFT.

18. 11. 1897.

No. 46.

Berlin - Charlottenburg.

Eigene Bureaux

in:

Danzig,
Dortmund,
Dresden,
Erfurt,

Spiegelgalvanometer

mit feststehendem Magnetsystem und beweglicher Spule.

Berlin - Charlottenburg.

Generalvertretungen:

L. von Bremen & Co., Kiel, Hamburg, Bremen.
Julius Buch, Longeville b. Metz.
Louis Dix & Co., Greiz.

